農林省
水産講習所研究報告

第5巻　第1号

THE JOURNAL OF THE SHIMONOSEKI COLLEGE OF FISHERIES

Vol. 5, No. 1

OCT 1955
LIBRARY
POFI
FISH & WILDLIFE
SERVICE

農林省水産講習所
下関市吉見

(昭和30年9月発行)

Published by
the Shimonoseki College of Fisheries
Yoshimi, Shimonoseki City, Japan.
SEPTEMBER, 1955

テングサ類の増殖に関する基礎的研究

片　田　　実

Fundamental Studies on the Propagation of Gelidiaceous Algae
with Special Reference to
Shedding and Adhesion of the Spores, Germination,
Growth and Vegetative Reproduction.

BY
Minoru KATADA

1955

水産講習所研究業績　第153号

CORRIGENDA

page	line	for	read
5	↑ 6	1651年	1951年
15	↓ 1	大体2等分して,	前章と同じ様に,
19	↓ 4	b区はb, c区より	a区はb, c区より
38	↑ 11	(NO_2 HPO_4)	(Na_2 HPO_4)
77	↓ 3	Diual	Diurnal
84	↑ 9	The spore	The spores
85	↓ 12	unite with	unites with
86	↑ 18	accidentaly	accidentally
20	Fig. 13, Explan.	tetraspores	carpospores
22	Table 1, Explan.	treatment	treatments
23	Table 2, Explan.	treatment.	treatments.
27	Table 3, Colmn	(significans level of 1%)	(at the significance level of 0.01)
29	Fig. 17, Explan.	to 60 minutes	to 16 minutes
54	Fig. 31, Explan.	Post-emdryonal	Post-embryonic
63	Fig. 36, Explan.	B, C, D.×8.	B, C, D. ×8; E.×3.3.
Plate VII, Explan.		Examples of vegetive	Examples of vegetative

目　　次

緒　　言・・・

第5章　発芽に及ぼす水温・比重の影響・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
序　　説・・・43
実験方法並びに結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
（A）水　　温・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・44
（B）比　　重・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・45
考察並びに結論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・48

第6章　発芽後の成長・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・49
序　　説・・49
実験方法・・・49
実験結果・・・49
（A）マクサの成長過程・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・50
（B）オバクサの成長過程・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・54
（C）発育を阻害する二・三の要因・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
考　　察・・58
結　　論・・59

第7章　栄　養　繁　殖・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60
序　　説・・・60
実験方法並びに結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・61
（A）マ　ク　サ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・61
（B）テングサ属の一種・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・66
考　　察・・68
結　　論・・68

第8章　研究成果の応用上の意義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69
概　　説・・69
胞　子　付　け・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69
投石材料の選定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・70
分生能の利用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・70

要　　結・・・72

引用文献・・・74

附　　表・・・77

SUMMARY・・83

PLATES　　I～VII

緒　　言

テングサ類は寒天原藻として，本邦海産の有用植物中極めて重要な位置を占め，原藻の生産は世界の約70%，製品は約80%に及んでいる。製品の大半は諸外国に向けられ，輸出金額は昭和25年度に於いて6億2千万円を記録し，外貨獲得に大きな役割を果し，なほ将来が期待される。しかし寒天工業振興上の重大な障碍の一つに原藻の不足があり，その増産は急務である。

テングサ類の増殖試験並びに事業は古くから各県水産試験場等を主体として，投石・岩面掻破等の粗放的増殖方法が実施されて来たが，その効果は必ずしも顕著でない。また近時集約的な養殖方法も若干考案されたが，これも事業化しない段階に停滞している。その原因はテングサ類に関する諸般の生物学的基礎知識が貧弱なことにあると思う。増殖方法確立の第一歩が対象生物の生活史の把握にあることは言うまでもないが，それも単に生活環の型を明らかにするだけでは，産業上直ちに役立ち得るとは限らない。生活史は種々の外・内因との関係に於いて綿密に把握されなければならない。第二の原因は群落学的な研究の欠除であると思う。テングサ類が外海産であるからには，その増殖事業は現在は勿論，将来も投石・岩面掻破或は岩礁爆破等の粗放的な作業が主体となるであろう。従つてアサクサノリの養殖に於けるが如き，周到な管理は到底無理である。人工を加え得るのは採苗までであつて，その後は殆んど天然に放置せざるを得ない。ここに於いて，群落学上の諸項目就中テングサ群落に関連して遷移更行の過程を明らかにすることが上記増殖事業の拠り所として必須の研究項目になると考えられる。しかしこの種の研究は大規模に且長年月に亘つて実施することが必要で，強力な研究組織と経済的な裏付けがなければならない。

著者はテングサ類の増殖技術を確立するための基礎知識として必須と考えられる各個生物学的な諸課題を選定して，それらの究明に努めて来た。その経過は大体3期に分かれている。

第1期は1941年夏秋で，千葉県小湊町水産講習所（現東京水産大学）附属臨海実験所に於いて，マクサ及びオバクサの初期発生を追究した。

第2期は1948年春から1949年夏までで，同じ場所で上記2種の発芽後の成長を追究し，傍ら数種のテングサ科植物の初期発生を検べ，更にマクサの発芽に及ぼす物理・化学的条件の影響等についても多くの実験を行つた。

第3期は1949年秋から現在に至るまでで，下関市吉見町農林省水産講習所（旧第二水産講習所）に於いて実施した。研究項目は甚だ多岐に亘つているが，採苗の基礎となる項目即ち胞子の放出と附着並びに栄養繁殖等に主眼をおいて実験を行つた外，2期から3期に亘つてマクサの発芽・成長を阻害する外的条件について折に触れて観察を続けた。それとは別にテングサ類始め有用海藻類にとつて最大の害敵と考えられて来た所謂石灰藻類について種々の実験観察を行いつつある*。

さて以上の中一部は速報的に概略を報告して来たが，その後追加した実験も少くなく，幾分訂正を要する部分も出て来たし，略結論を得た項目で未報告のものもある。テングサ類増殖の基礎としての研究項目はなお少くないが，生活史及び各個生態学的な研究結果はこれを体系

---

* この項目は主に，農畜産業，蚕糸業，林業及び水産業に関する科学的研究費補助金による「沿岸に於ける水産物増産を阻害する石灰藻繁殖防止の研究」の一部として実施したもので，これについては石灰藻に関する外の研究と共に別に報告する故，本報文からは除外した。

づけて報告し得る段階に達したので，ここに一括して詳細に報告し，大方の御批判を仰ぐ次第である。本研究が将来テングサ類始め有用海藻類の増産に何らかの意味で資する所があれば，著者の欣快これに過ぎるはない。

著者が本研究に入る端緒を与えられ，且指導を恭うした東京水産大学殖田三郎教授，並びに有益な助言と不断の鞭達を賜わつた九州大学農学部瀬川宗吉博士に衷心より感謝の意を表するものである。

また校閲の労をとられ，且有益な助言を与えられた淡水区水産研究所長黒沼勝造博士に，実験に協力された水産講習所松井敏夫氏始め湖城重仁・三浦昭・桑原誠之・中務恒太郎・中村達夫の諸氏に，貴重な資料を提供された宮崎県沿岸漁業指導所百合野定技官に，有益な助言を下された九州大学農学部小島均博士に，種々教示を仰いだ水産講習所手島逸郎教授，深沢文男助教授，佐藤猛郎助教授・網尾勝氏に，文献を貸与された東海区水産研究所須藤俊造博士，千葉県水産試験所江野口隆二技官，大阪市立大学理工学部尾形英二講師に深甚なる謝意を表する。

東京水産大学堀重蔵教授，東海区水産研究所猪野峻博士，水産講習所吉田裕教授並びに松井魁教授は実験或は出版に当つて多大の便宜を与えられた。その御厚意に対し厚く御礼申し上げる。

研　究　史

本邦に於けるテングサ類の増殖事業並びに試験は今世紀初めから頻繁に実施され，それに関する報告は極めて多い。それに対して増殖事業の基礎であるべき生物学的研究は遙かに立遅れており，量に於いてこそ一概に少いとは言えないにしても，増殖の基礎資料としては質的に未だ貧弱であると言わざるを得ないし，研究の殆んど欠除している項目も少くない。いま顕著な業績を拾つて項目別に研究史の概要を述べておく。

分類及び分布に関する業績

本邦及びその近傍に産するテングサ目 Gelidiales の分類は岡村（1934, '35）によつて始められ，その著日本海藻誌（1936）に1科5属22種が記載され，地理的分布も概ね明らかにされた。木下（1942, '44）は最北方種のナンブグサの分布北限が利尻島であることを報じた。分類に関してはその後疑問の点も出て来たので，瀬木がテングサ属 *Gelidium* について再検討を行い，1954年にその一部が発表された。それによれば本邦産のテングサ属は8種を増して24種となつている。

生活史に関する業績

テングサ類の胞子の初期発生については KILLIAN（1914）が *Gelidium capillaceum* で始めて簡単に報告したが，本邦では大野（1927, '32）がマクサ（若しくはナンブグサ）について概略を報じたのが最初である。また大野は雌性個体が無性個体に較べて著しく少いことを報じ，これは殖田（1936），高山（1939），木下・渋谷（1941）等によつても認められ，世代交番が不規則に行われているのではないかと考える向きが出て来た。しかし高松（1946c）はオニブサに関する限りその性比から世代交番が規則正しく行われていることを主張した。殖田・片田（1943）はマクサ及びオバクサの胞子の初期発生について詳細を明らかにし，高松(1944)・はこれに賛成すると同時に，後期発生について従来の説を訂正した。猪野（1947, '48）は殖田片田（1943）を確認し，その特異な発生型式をテングサ型と呼称した。更に殖田・片田(1949)はマクサの後期発生について詳細な過程を発表した。

生態及び生理に関する業績

増殖事業を行うに当つて最も重要な基礎事項と考えられていた成熟時期或は成長盛期については遠藤（1911），岡村（1917b），殖田（1936），高山（1939）始め多くの研究者，水産試験場の調査結果が積まれ，殆んど明らかになつたと言える。

他の方面では，木下・平野・高橋（1935, '36），木下（1949）はナンブグサの胞子の発生適温について培養実験結果を報告し，又片田（1949）はマクサの胞子の発生初期に及ぼす水温・比重等の影響について培養実験結果を報告した。

投石事業等に於ける播種の方法，選ぶべき石の性質については古くから水産試験場の試験結果が積み重ねられて来たが，この様な種苗の問題について精密な研究が始まつたのは極く最近のことである。即ち須藤（1950a,b）はテングサ類の胞子放出に日週期が存在することを見出し，沈降速度・附着所要時間についても実験して注目された。片田等（1953, '54）もマクサについて放出時刻，附着所要時間について報告すると共に水の流動と附着位置の関係についても模型実験の結果を報告したが，両者の結果並びに結論には不一致の点が少くない。

最近高木（1953a,b,c）はナンブグサ等の海藻のカタラーゼの作用力特にpH・温度によるその変化について生理学的研究の結果を発表している。この種の研究は成育最適条件を知る上に今後有益な資料を提供するかも知れない。

群落に関する業績

テングサ群落についてその構造・生態・消長・分布等をとりあげた研究報告は殆んどなく，増殖試験，漁場調査，磯焼調査等に於いて断片的に且概念的に触れたものが幾らかあるに過ぎないが，比較的まとまつているものを挙げておく。

遠藤（1902）は伊豆東岸，三重県外海岸等に起つた磯焼について調査し，沿岸に急潮がある海岸では洪水等によつて河水が大量流出すると，漸深帯浅所のテングサ類等外海性の海藻が大害を被ると報告し，岡村（1908,1909a）は伊豆沿岸のテングサの減少は主に石灰藻類の繁茂によるのであろうと述べた。また岡村（1917a）はホンダワラ類の害を強調し，この除去がテングサ類増殖の最上策であるとした。大石（1917）はテングサ群落の組成，附着藻類及び土砂堆積の害等について報告した。木下・清水（1935），木下（1939）は北海道に於けるナンブグサの豊凶と水温との関係を統計的に吟味し，高山（1938）は三重県沿岸に於けるテングサ類の狭い範囲の分布と豊凶変動特に水温との相関々係を検べた。高松（1946a）は無節サンゴモ類がテングサ類に被覆による害を及ぼす反面，枯死したものは良好な附着基盤となることに注意をうながした。最近静岡県水産試験場（1951）はやや深所に於いて始めて多数の坪刈調査を行い，雑藻との関係等について資料を提供している。

以上の外1952年以降主として有用海藻類の増産を目的とした浅海（外海）開発事業* が国庫補助を受けて全国的に施行され，これに伴いやや統一的な方法で効果認定調査が実施されており，多くの資料が提出されつつある。それらの資料はもとより玉石混淆であるが，将来精密な検討を加えて整理するならば群落学的知識は著しく増大するものと期待される。

附言：最近須藤（1954）がテングサ類増殖に関する従来の業績を系統的に整理し，殆んどすべての文献を挙げているので，本報文では文中の引用文献のみを巻末に掲げた。

* 昭和28年12月，農林省告示第584号「水産資源の維持及び増殖事業費補助金交付規定」

第1章　胞子の放出週期

序　　説

胞子の放出に関する知識はテングサ類に限らず，一般に有用海藻類増殖の重要な基礎資料であると思われる。特に胞子を一時に多量手に入れることは採苗上は勿論，胞子の諸性質に関する各種実験の基礎としても意義が大きい。従つて最近テングサ類が胞子を日週期的に放出することが見出されたことは極めて重要である。即ち須藤（1950a）はテングサ類の胞子の放出時刻について実験し，マクサ始めオニブサ，オバクサの四分胞子及び果胞子の放出は毎日16時を中心としてその前後数時間に亘つて行われることを報告している。

著者はテングサ類其他の発生実験に於ける経験から一般に真正紅藻類の胞子の放出は1日に1度略きまつた数時間の中に起るらしいことを察していたが，それが16時前後に限定されているとは思えなかつたので，1950～'54年の間マクサ *Gelidium Amansii* LMX.* を材料として放出時刻と胞子の種類，時期との関係を追究し，若干の新知見を得ることが出来た。

実験方法並びに結果

全期間を通じて同一の地点から材料を採取した。その地点は下関市吉見町地先で，小湾入部の中程にあり，幾分河川の影響を受けるため水温・比重等の変化が附近外海より僅かながら大きい（第1図a地点）。この地点の略一定の水深（大干潮線下1～2m位）で，マクサのよく成熟した個体を採取し，それを海水を満たしたホーロー引きのバケツに入れ，蓋をして実験室に持ち帰り，清浄な海水でよく洗滌して実験に供した。現場でバケツに入れてから洗滌に掛かるまで数分を要するが，この間藻体を空気中にさらしたり，急激な温度変化を与えることのない様に注意した。

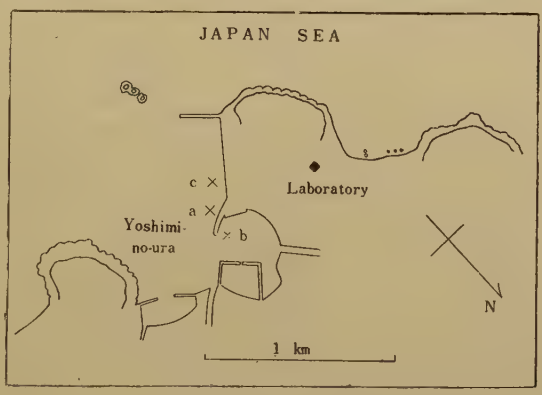


Fig. 1. Map of the coast of Yoshimi, Yamaguchi Prefecture.

先づ予察的な実験として極めて簡単な方法で，1950年の7月末及び10～11月に放出時刻を検べ，それが時期によつて相違するらしいことを認めたが，放出時刻を精密に捉えたとは言えなかつたので，1651年6～7月の候を実験方法の検討に当て，胞子放出量の測定方法として下記の攪拌一帯状法が適当であると認めたので，その年7月末から第1回の本実験に取り掛かつた。

実　験　I　（1951年7～11月）

方法　放出の最も盛んな時刻を捉えることに主眼をおいて実施した。1ℓ容のビーカーによ

---

* 種名はすべて日本海藻誌（岡村1936）によつた。

く濾過した海水を満たし，母藻を吊して胞子を放出させ，底においた正方形のガラス板に附着した胞子を数えるとゆう方法を繰り返した。放出胞子を計数するためにそれをガラス板に附着させる方法と計数方法は次の通りである。

胞子を附着させる方法：自働装置の游動板を以って放出胞子が均等に散布する様に海水を上下に緩く攪拌し（第19図に示す所と類似の装置によつた），一定時間後母藻を除去し，一定時間静置し，底のガラス板に附着させる方法を主に用いた。しかし停電その他止むを得ない場合には始めから静止水中で附着させたが，胞子を成る可く分散させるため，水深を深くして母藻を表層に吊し，またその向きを時々変えた。以下前者を攪拌法，後者を静止法と呼称する。

計数方法：固着胞子の検鏡に当つてはメカニカル・ステージーで一定の長さを移動させつつ，接眼ミクロメーターの一定幅に入る胞子を数えた。その計数帯は一定の位置で2～6本普通4本とし，その平均を放出量の比較数値とし，仮に放出比数と呼ぶことにした。以下この計数方法を帯状法と呼称する。

攪拌法で附着させても，静止法によつても帯状法で計数すれば，精度に於いて殆んど優劣がない様であるが，攪拌法の方が母藻の健全さを保つのによいと思つたので出来るだけ攪拌—帯状法で実施した。しかし須藤（1950a）が浮游している胞子は時間の経過と共に附着力を著減すると報告しているので，攪拌時間を10分又は20分，稀に30分とした。* それ故攪拌法で連続実施することは容易でなく，一定時間をあけて断続的に行うか，または放出時刻の間のみ連続的に実施した。なほ本実験では一昼夜継続して実施したものは僅かで，放出時刻の頂点を捉えるだけで中止したものが大部分であつた。なほ供試株数は1実験につき1株とし，嚢果若しくは四分胞子托の多い枝で，且他藻の着生していないものを数本束ねて用いた。

結果　以上の結果を第2，3図に示す。実験方法に次項に示す様なやや不十分な点があつたが，以下の程度のことは認められよう。

1）果胞子は四分胞子より放出時刻が早く，概して午前中に放出された。

2）両胞子とも10月以降放出時刻が次第に遅れ，四分胞子は夜間に放出される様になつた。

3）果胞子は11月に入つても1日1度放出されるだけであつたが，四分胞子は10月以降では2～3度に亘つて放出されることが多く，次第に日週期が乱れてきた。

実　験　II（1952年6～10月）

方法　実験Iの結果を再確認し，また放出時刻が年によつて相違するか否かを知ることが目的であつた。実験Iの方法を検討した結果以下の諸点が十分でなかつた。即ち（1）結実時期が5～11月であるのに，7月末以降しか実験できなかつた。（2）材料採取時の海水温度及び実験中の母藻浸漬水温の測定を欠いた。（3）母藻を浸漬した時刻・時間を統一しなかつたので，整理に当つて不便を感じた。（4）一昼夜継続して実験したことが少かつた。（5）実験を始めた時刻が遅かつたため，放出の最も盛んな時刻を逸したことがあつた。

これらの諸欠点を改めて6～10月の間毎月2～4回攪拌—帯状法を用いて24時間の断続的な実験を行つた。即ち母藻の浸漬時間及びその間隔をすべて30分とし，その時刻をも統一した。また母藻を出来るだけ朝早く採取し，直ちに実験に供した。材料採取に当つて7時前後の表面海水温度を測定し，母藻の浸漬水温をも測定した。なほ果胞子と四分胞子を同じ日に同時に実験することに努め，放出時刻の差違を比較し易くした。その他は実験Iと同様である。

* より長くしても差支えないことが後に判つた（第2章）。

結果 以上の測定結果を巻末の附表に掲げ，放出率（放出比数の24時間の合計を50%として求めた数値，30分間隔で実施した故100%ではない）に換算して第4図を作成した。また放出時刻の中心の時期的変動をわかり易くし，且海水温の変動との関係を検討するため第5図を作つた。これらの図表から以下の結果が読みとれる。

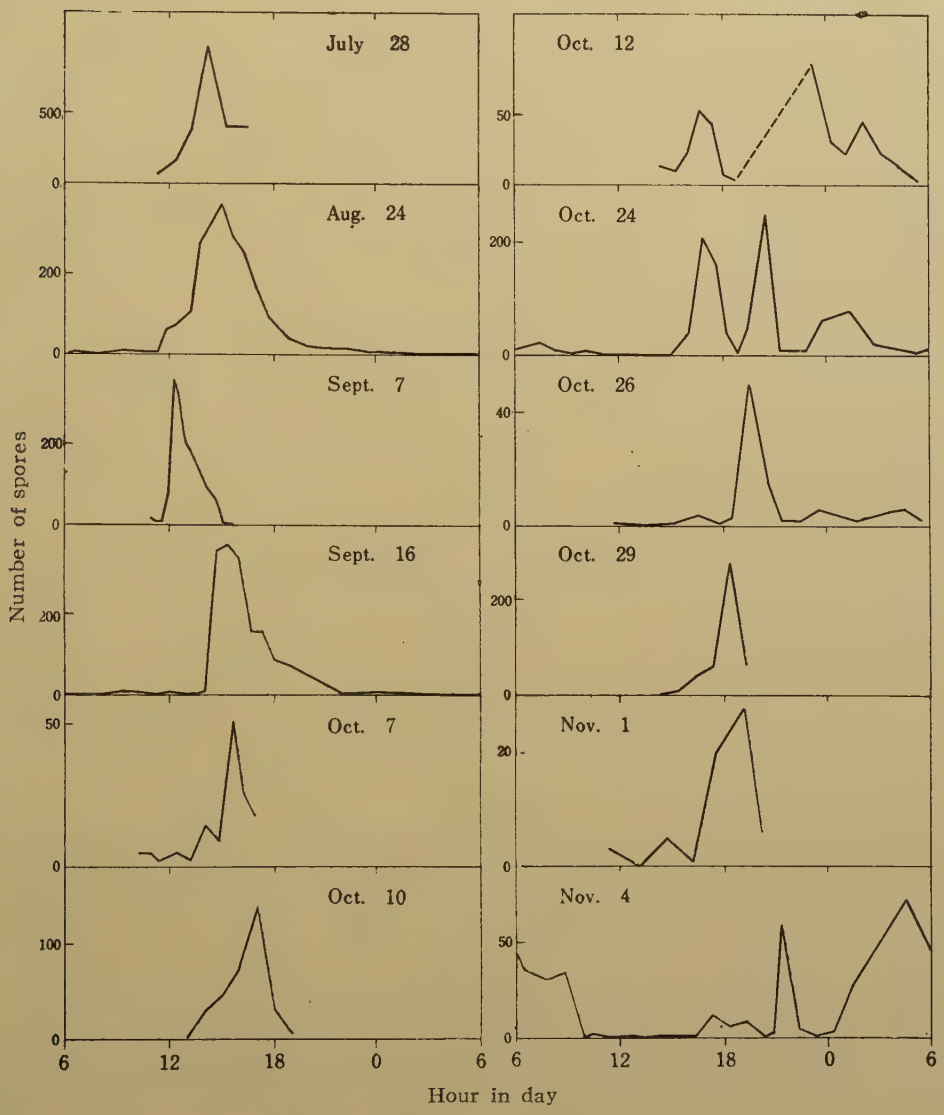


Fig. 2. Diurnal variation of shedding of tetraspores in *G. Amansii*, expressed by the number of spores counted in a day, 1951.

1）果胞子は四分胞子より放出時刻が早く，またまとまつて放出される傾向があつた。

2）放出時刻は時期的に変動した。これは四分胞子の方が果胞子より顕著であつた。

3）両胞子共6～7月には放出時刻が早くなり，9月下旬までは余り変化がないが，その後は遅れて来た。この変動状態は8月頃を除けば海水温の変動と略一致している様である。

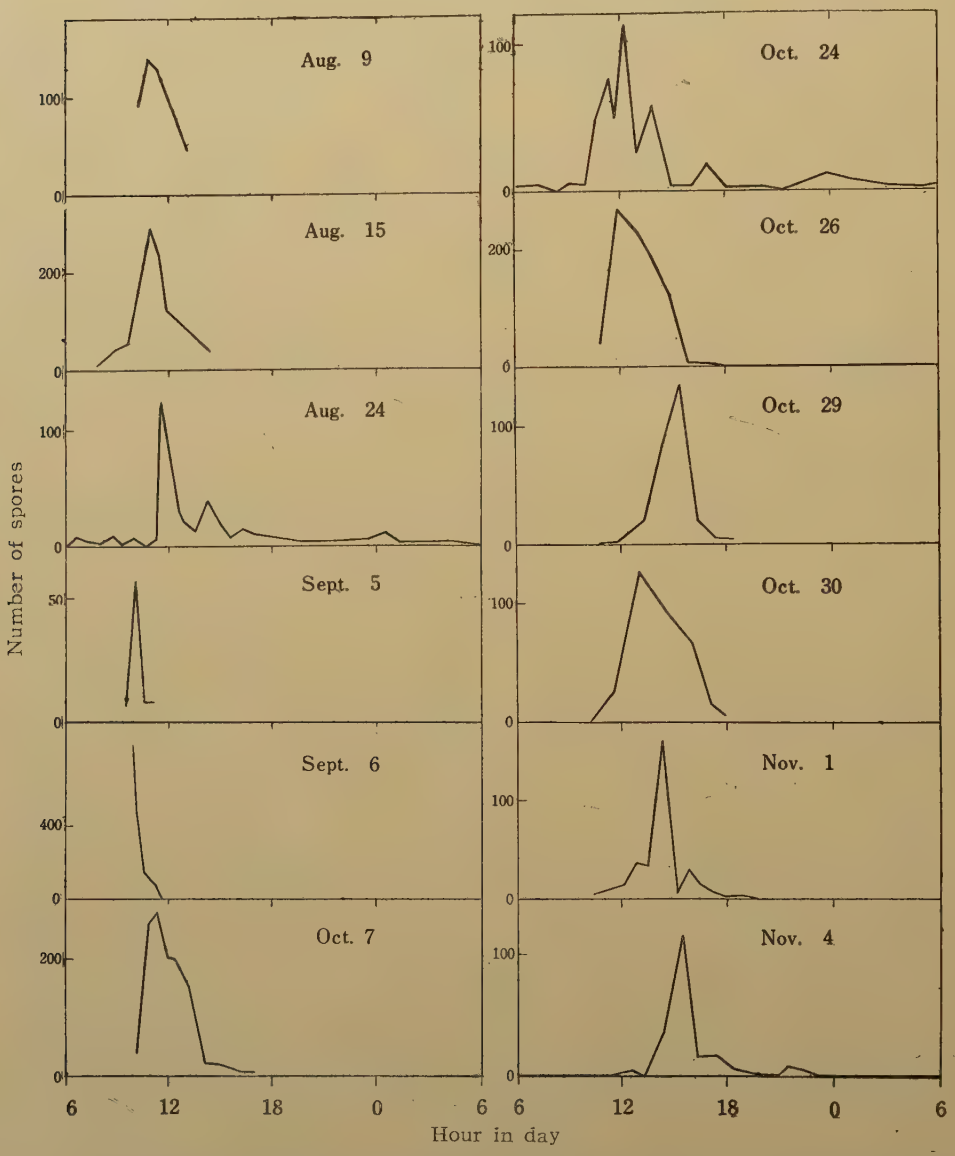


Fig. 3. Diurnal variation of shedding of carpospores in *G. Amansii*, expressed by the number of spores counted in a day, 1951.

4）8月以降に於ける両胞子の放出時刻は前年に於けるより僅かながら早い傾向が見られた。

実　験　III（1954年8～10月）

以上の実験の結果から放出時刻を予想し，その間のみ1時間宛の静置一帯状法で実施した。結果を採取地点の海水温と共に第6図に示した。これによれば放出時刻は前々年（実験II）と略一致し，海水温の変動との密接な関係を示すものの様である。

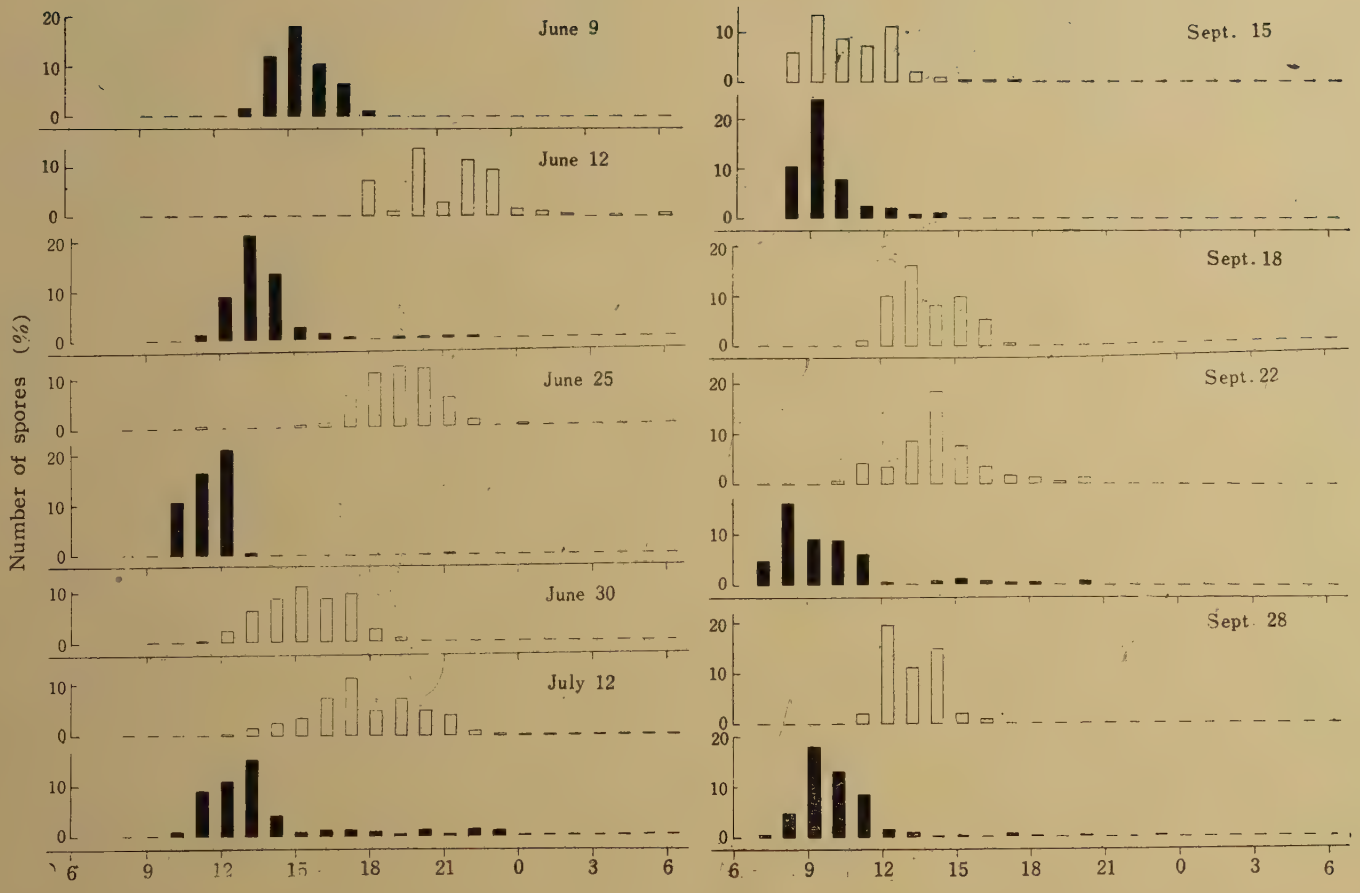
考　　察

上述のすべての実験結果を通じて共通している事項は（1）結実末期に於ける四分胞子の場合を除いては，両胞子共1日に1度或時刻を中心に放出を行う。（2）果胞子の放出時刻は四分胞子より早く，且放出時間の幅が概して狭い。（3）両胞子とも放出時刻が時期的に変動し，水温の高い時期に早く，低い時期に遅くなつているということである。

海水温の時期的変動と放出時刻のそれが大体一致していることは放出時刻を予測する上に意義が大きいと思つたが，この関係が真に密接なものであるか或いは単に見掛け上に過ぎないかを確かめるために，別に実験を行つて詳細に検討した。これについては次章に述べるが，その結果この関係は極めて密接なものであることがわかつた。従つて放出時刻は年によつて幾分ずれるのが当然であると思われる。更に上の関係は地域により，或は水深によつても放出時刻が若干相違して来るであろうことをも暗示していると思う。

須藤（1950a）はマクサだけでなく他の数種のテングサ類に日週期的放出が起ることを報じている。著者はテングサ類ではマクサの外にはオバクサ *Pterocladia tenuis* OKAM. で確認したに過ぎないが，吉見地先に成育する他の真正紅藻類についても検べており，今まで検べたすべての種が日週期的放出を行うことを認めている。即ちサンゴモ科の二・三の種類で1日1度の放出を認め，特にカニノテ属 *Amphiroa* の1種に於いては四分胞子が夏季昼間に放出され，而もマクサと同様最高水温の頃放出時刻が最も早くなることを確かめた。更にオゴノリ *Gracilaria confervoides* (L.) GREV. の胞子放出は干出・海水比重によつて影響されているらしいが，一定比重の海水中では大体1日に1度夜半から朝にかけて放出を行うことを知つた。またマフノリ，フクロフノリについて須藤（1949a,b）は干出後上潮の波が寄せては返す時期に放出されると報じたが，松井・安田（1955）は著者と同じ方法で実験し，これらも日週期的放出を行うもので干出 → 浸漬が放出を誘発するのは或範囲の時刻であると報告している。実験した種は未だ少いが，棲所の甚だ異なるこれらの種が何れも日週期的放出を行い，今迄に例外が見られないことからこの現象は真正紅藻類一般に見られるのではないかと推察している。

胞子の放出時期について附言すれば，高山（1939）は三重県に於けるマクサの成熟盛期は四分胞子では21～25°C，果胞子では25°C以上の時期であると報じ，須藤（1950a）は「放出の直接観察から得た結果は大体之と一致する」と言つている。しかし著者の小湊及び吉見での直接観察では四分胞子・果胞子共水温21～27°Cの時期には大量に放出されるものである。


June 9
June 12
June 25
June 30
July 12
Sept. 15
Sept. 18
Sept. 22
Sept. 28
Number of spores (%)
0
10
20
6
9
12
15
18
21
0
3
6

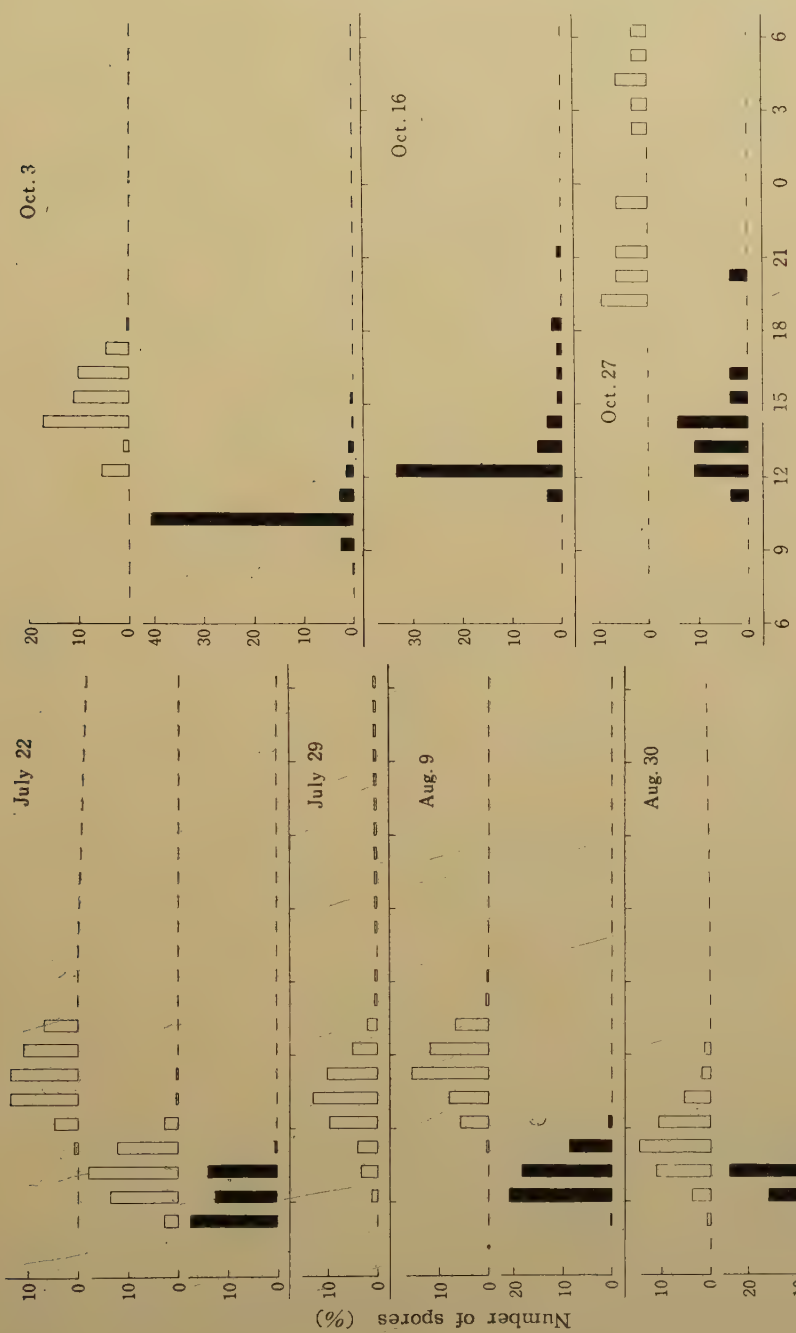


Fig. 4. Diurnal variation of shedding of tetraspores (hollowed histogram) and the carpospores (histogram in dark) in *G. Amansii*, expressed in per cent by number of spores counted in a day, 1952.

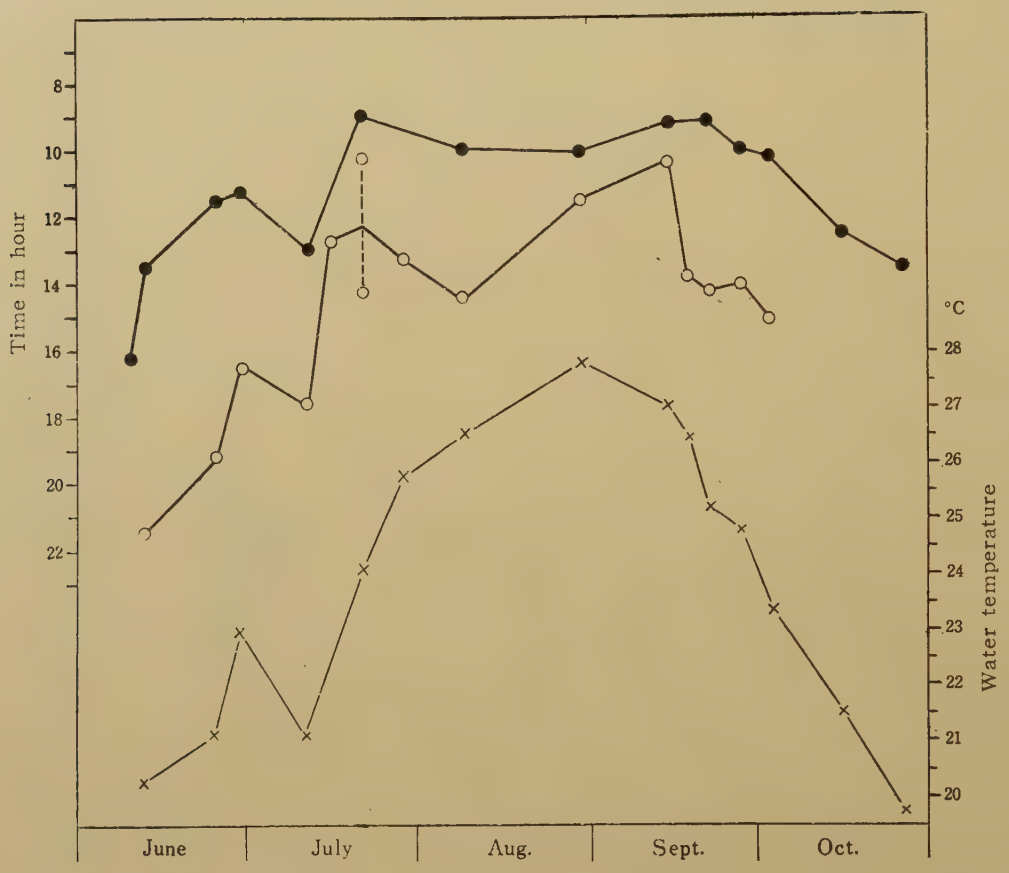


Fig. 5. Seasonal change in the time of shedding of spores in *G. Amansii*, 1952. Dots show the climax of the shedding of carpospores by hour in observed day, and circles the same of tetraspores ; crosses indicating the temperature of natural sea water where the tested samples were gathered.

結　　論

上述の室内実験に於ける放出時刻が，そのまゝ自然海中に於けるそれであると断定するのは尚早であるが，以下の程度のことは言えると思う。

1）両胞子とも1日1度或時刻を中心に放出され，他の時刻には殆んど放出されない。

2）果胞子は四分胞子より放出時刻が早く，且一斉に放出される傾向があるらしい。

3）両胞子とも放出時刻が時期的に変動するが，特に四分胞子では著しい。

4）放出時刻の時期的変動は水温の変動と関連があるらしい。放出時刻が年によつて多少ずれるのは水温の差違に因るものと思われる。これは地域或いは棲所によるずれをも暗示しているであろう。

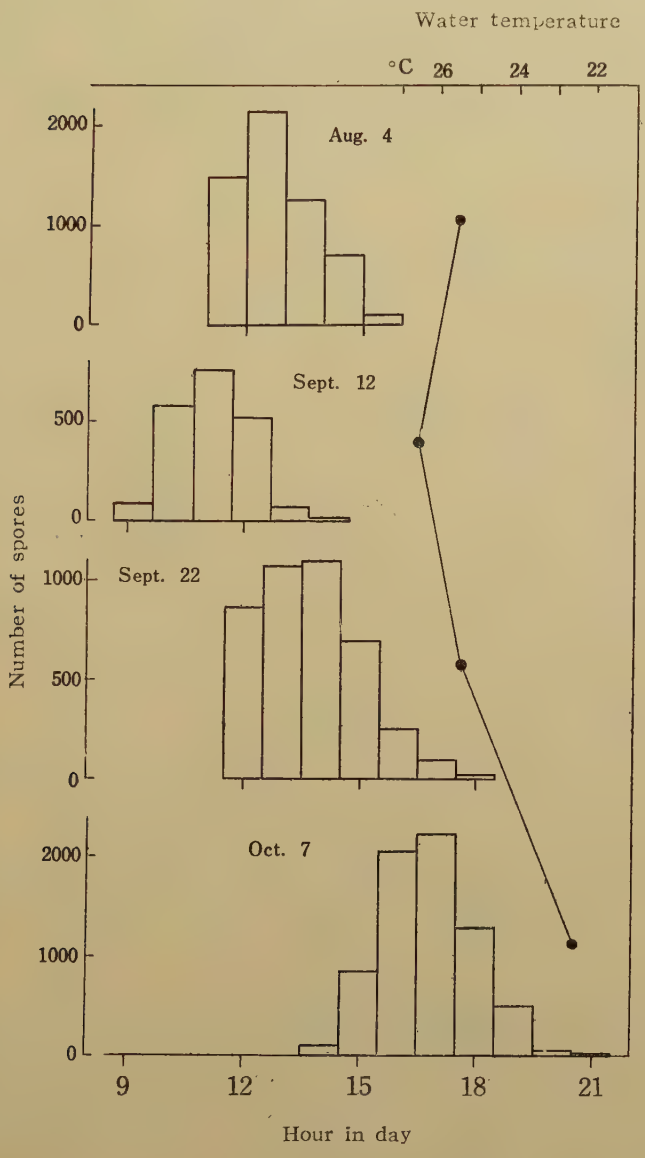


Fig. 6. Diurnal variation of shedding of tetraspores in *G. Amansii*, expressed by the number of spores counted in a day, 1954. Temperature of sea water where the samples were gathered is indicated by dots.

第2章　胞子放出に及ぼす水温・光線並びに蔭干の影響

序　　説

放出時刻と外的条件の関係を明らかにすることは，それだけでも応用上無意義でない許りでなく，胞子が如何なる機構・誘因によつて放出されるかを探究する端緒となるであろう。またその条件が自然に存在すると否とに拘らず，放出を即時に誘発し得る刺激的条件が見出されるならば採苗上の価値が大きいに違いない。

須藤（1950 a,b）は一般に海藻の週期的な胞子放出について「この様な週期は第一期に胞子成熟の週期性に，次に胞子放出条件の週期性に基いている」と推察し，テングサ類の場合では「放出時は光で定められる様であるが，・・・・。天候，潮汐の影響は見出されなかつた」「人為的に短い時間にまとめて放出される方法を種々試みたが良い結果は得られなかつた。光，水温の変化は放出に変化を与えず，蔭干又は水切りは却つて放出を減少させた」と述べつつも，放出条件として「或程度の光の累積作用」を推論している。

著者は1951年から1954年に至る間吉見に於いて，前章の実験と併行して水温・光線及び蔭干刺激のマクサの胞子放出に及ぼす影響について実験を行つた。外的条件としてこれらをとり上げた理由は夫々次の通りである。

（水温）　前章の実験で放出時刻が水温に影響されているらしいことが推察されたので，これを確かめるため厳密な方法を採用した。これには前章の方法で捉えた放出時刻が自然の海中に於けるそれと略一致していると考えてよいか如何かを検討する意図も含まれていた。

（光線）　著者も始めの中は須藤の光の累積作用の仮説を支持していた。即ち日週期的な胞子放出を誘起する外的条件があるならば，その要因はそれ自体日週期的な変動をもつものであろうと考え，日週期的変動の最も顕著な外的条件として光線，就中昼夜の交代を重視していたのである。

（蔭干）　人為的な放出促進法として藻体に干燥刺激を与えることは種々の海藻について古くから試みられ，木下（1947），高松（1946b），松井（1955），瀬川・尾形・沢田（1955）等の報告がある。テングサ類に関しては須藤（1950a）は蔭干の効果を認めていないが，高松（1946b）はオニクサでは認めている様である。兎に角蔭干の様な簡単な方法で放出を誘発し得るなら応用上役に立つであろうと考えた。

実験方法・結果並びに考察

（A）水　　温

方法と結果

実験Ⅰ　方法：胞子放出を2日間追究し，1日目と2日目の放出時刻の差に水温が関連しているか否かを見た。そのため気温が海水温より低い時期と逆に高い時期とを捉えて，a）b）の2回実施した。a）1952年6月12日雌性個体と無性個体各1株を採取し，両個体ともそれぞれ

大体2等分して，30分おきに30分間の攪拌一帯状法によつて放出比数を精密に求めた。この場合では2日間を通じて気温が海水温より低目であつたから，浸漬水温は採取時の海水温より低く，特に夜間その差が大きかつた（第7図)。b）同年6月30日全く同様の実験を雌性個体1株で行つた。この場合は気温が非常に高かつたから2日間昼夜を通じて浸漬水温は海水温より

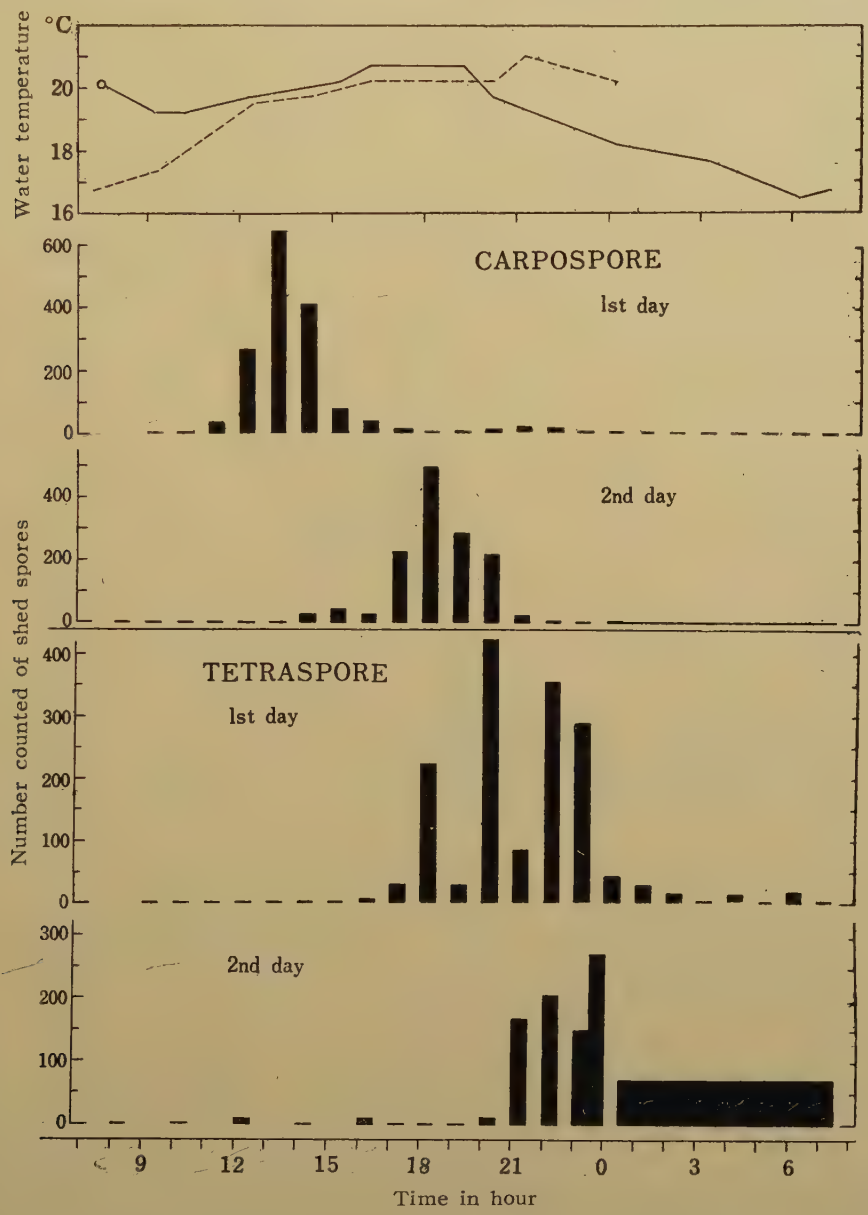


Fig. 7. Effect of drop of water temperature to the shedding time of two kinds of spores in *G. Amansii* experimented in two days (June 12—13, 1952). Solid line shows the change of water temperature in vessel in the first day, and the dotted line the same of the second day. The circle showing the temperature of sea water where the samples were gathered.

高かつた（第8図）。

結果：a）の結果を第7図に，b）のそれを第8図に掲げた。これらは浸漬水温が海水温より低いときは2日目の放出時刻が1日目のそれより遅くなり，反対に高い時は早くなることを示している様である。なほa）に於いては上の外に1時間30分おきに実施したものがあるが，結果は全く同じであつた。同様の実験はその後も2～3度試みたが，2日目には大部分の胞子が附着力を失い，結果を得られなかつた。

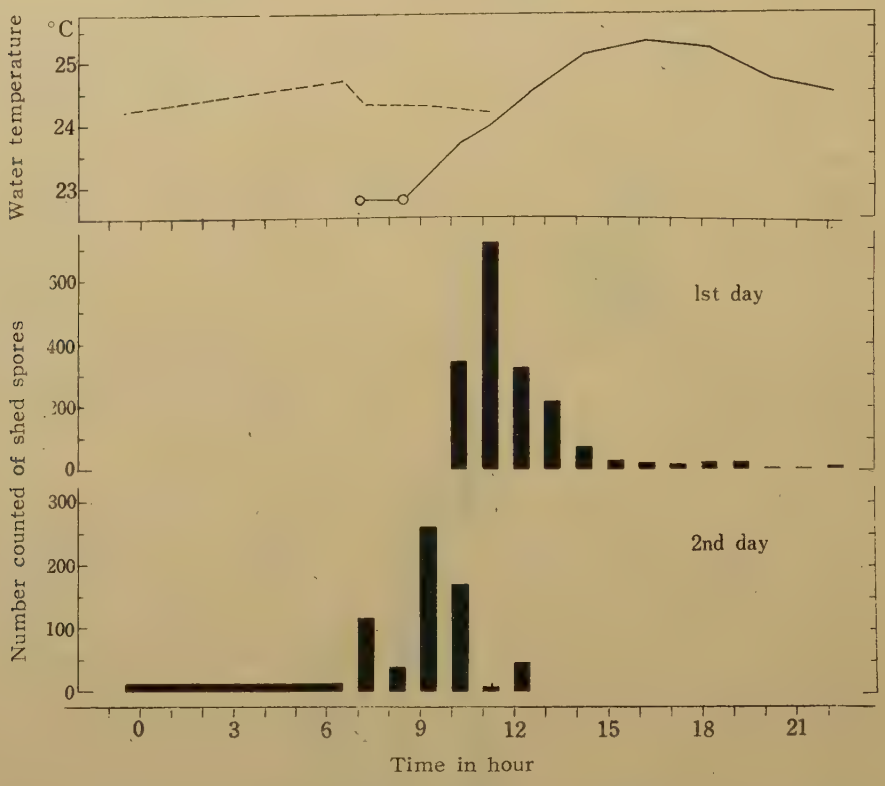


Fig. 8. Effect of rise of water temperature to the shedding time of carpospores in *G. Amansii*, experimented in two days (June 12—13, 1952). Solid line shows the change of water temperature in vessel in the first day, and the dotted line the same of the second day. Circles showing the temperature of sea water where the sample was taken.

実験 II 方法：海水温の変化に伴つて胞子の放出時刻が変化するか否かを検べるため，特定の藻体について放出最盛時刻を確認し得る最小限の時間だけ実験室で放出時刻を調査し，それ以外は海中に常置する方法をとつた。即ち1954年10月15日果胞子の放出時刻を予想して10時30分頃雌性個体1株を採取した。その朝採取地点のその深さ（浅所）の水温は20.8°Cであつた。放出時刻を1時間宛の静置一帯状法で検べ，16時30分頃に繩に挟んで碇をつけて採集した場所に設置した。その後18日朝水温が21.5°Cに上昇した際及び20日朝20.5°Cに低下した際にとり上げて，上と同様の方法で放出時刻を検べた。実験に於ける母藻浸漬水温の平均は15日20.7°C，18日20.9°C，20日20.6°Cで殆んど差違はなかつた。

結果：放出量の変動を第9図に示した。これでわかる様に海水温が上昇していた18日の放出最盛時刻は15日及び20日より明らかに早くなつていた。海水温の僅かな変動が放出時刻に影響したのではないかと想像された。

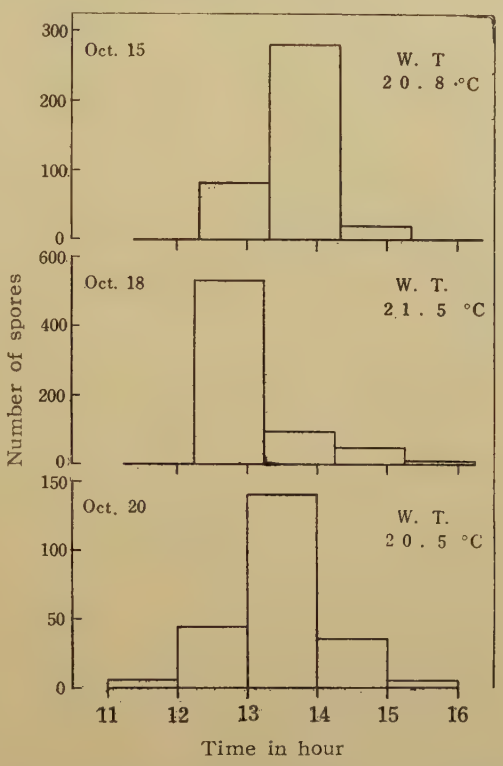


Fig. 9. Supposed effect of sea water temperature to the shedding time of carpospores in *G. Amansii*, which was placed in natural water (October, 1954). Spores shed were counted in laboratory by hour in the day when the plant was moved indoors. The water temperature shown was measured in the morning.

実験 III　方法：1954年9月22日（海水温25.4°C）放出時刻に入る頃無性個体1株を採取し，これを細分して混合し，然る後3群にまとめた。これらは昼間は何れも容器の周囲に水道水を流して同水温に保ち，放出量を測定した。放出時刻を過ぎて，19時から翌朝8時まで各群を異なる水温下においた。即ち水温調節器で平均 27.4°C 及び 26.4°C に保持したものを夫々最高温区（a），高温区（b）とし，昼間に続いてそのまま水道水で冷却して平均 23.7°C においたものを低温区（c）とした。そして翌朝8時30分から再び水温を等しくして，放出を見た。胞子の計数方法は静置一帯状法であつた。

結果：各区の水温と放出量の変動を第10図に示した。各区毎に第2日の放出時刻を第1日のそれと比較してみるとa区，b区では殆んど差がないがc区は特に遅れ，他の5つの場合の何れよりも遅くなつていた。この差違は夜間の水温差によるものとみられる。放出前夜に約1°Cの温度差を与えた第2日のa区とb区及び第1日の全区の間には殆んど差違が認められない。これは何れの区も25°C以上の高温であり，前節に述べた所の「7月以前又は9月以降では水温の上昇・下降に伴つて放出時刻が変動するが，盛夏の候ではその関係が明らかでない」という事実を裏書して，25°C 以上の高温では水温の変化は放出時刻に影響することはないのではないかと考えられた。

実験 IV　方法：1954年10月6日夕無性個体を多量採取し，その中から6～7cm位の再生枝数本を出している再生部が3個所あるものを選んだ（同じ傷創部からでる数cm以内の再生枝は略等長で，且胞子托の数量も近い場合が多い）。各再生部から1本宛の小枝をとり，3本宛併せて細紐で括つたものを4組作り，3組は縄に挟んで碇をつけて海中に残し，1組だけを実験室に持ち帰り，水道水を周囲に流して冷却しておいた。これが低温第2区（d）である。海中に残した分は翌朝とり上げ，8時30分から高温（a），対照（b），低温第1（c）の3区にした。即ちb区は海水温（22.5～22.8°C）に略等しく，a区はこれより2°C位高く水温調節で保持し，c区は水道水で冷却してb区より2°C位低くした。c区は上記d区と8時30分以降

は等水温となつたわけである。水温差を与えた間の各区の平均水温は次の通りとなつた。

	6日18時～7日8時	7日8時30分～22時30分
a. 高温区	22.7°C	24.4°C
b. 対照区	同上	22.6°C
c. 低温第1区	同上	20.5°C
d. 低温第2区	20.5°C	同上

そして7日の8時30分から放出量を静置一帯状法で検べた。

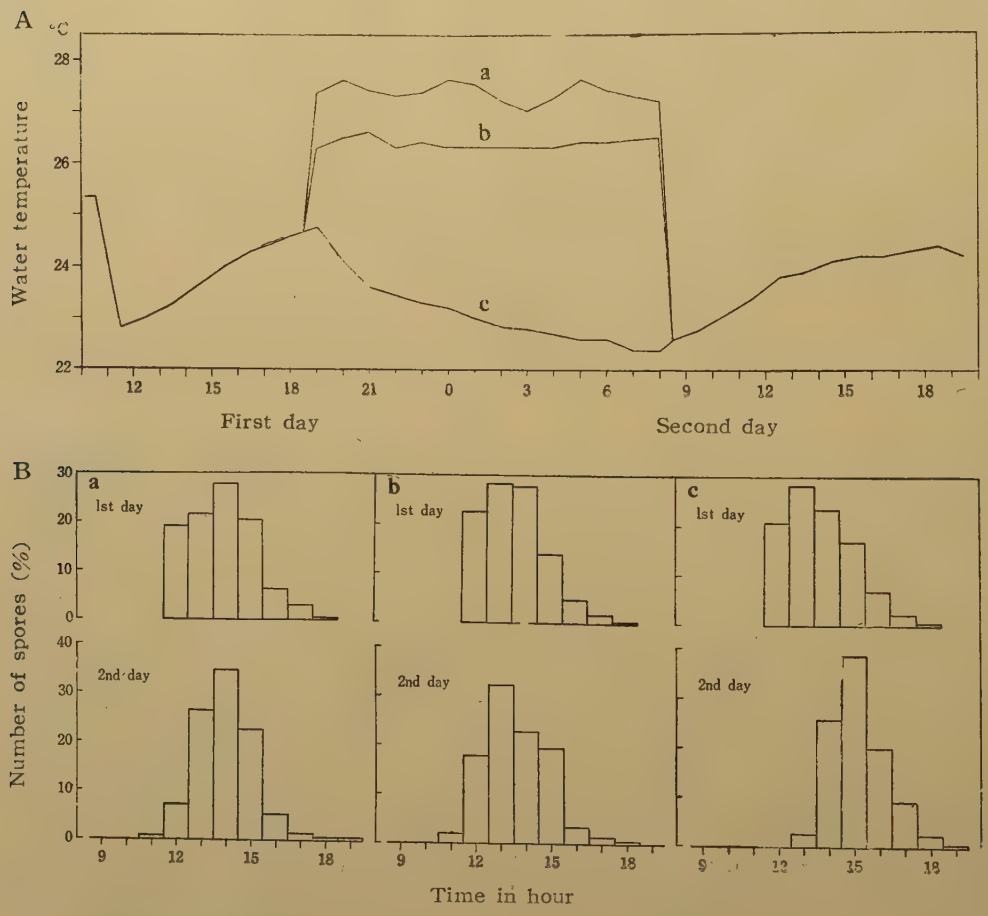


Fig. 10. Effect of varied temperature of water to the shedding of tetraspores in *G. Amansii*, expressed in per cent by number of shed spores (September 12—13, 1954). In this laboratory test three lots of sample plants were kept in different temperature during the experiment as shown in A, which shows the temperature gradation. In B comparison was made to the varied shedding time among the three lots; histograms a, b and c are result effected by differnt temperature shown in A.

結果：各区の水温と放出量の変動を第11図に示した。これで最も目立つことはd区の放出時刻が著しい遅れを示したことである。c区との夜間約2°Cの水温差が，放出最盛時刻の3～4時間の遅れをもたらしたとみてよいであろう。一方昼間だけ水温差を与えたa，b，c区の中b区はb，c区より放出時刻が早い様であるが，その差は僅かであり，c区はb区と変らなかつた。それ故昼間の水温差はその日の放出時刻に殆んど影響しないのではないかと思われる。

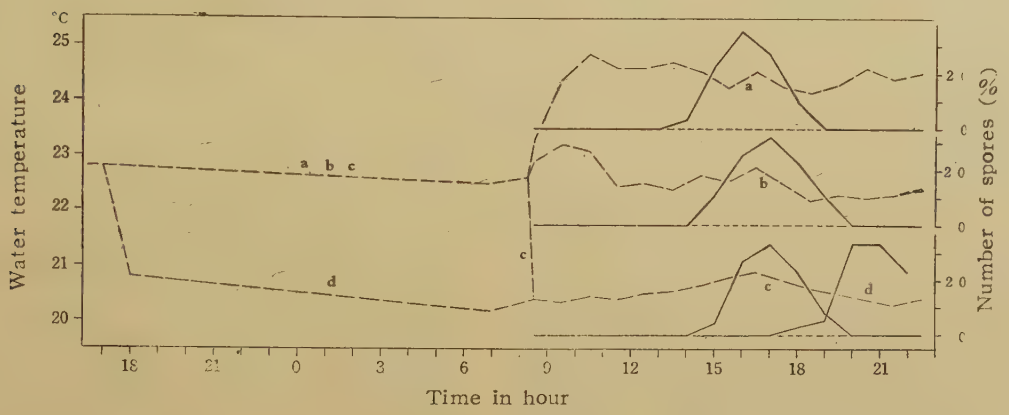


Fig. 11. Effect of varied temperature of water to the shedding of tetraspores in *G. Amansii* (October 6—7, 1954). In this laboratory test four lots of sample plants were kept in different temperature during the daytime and the preceding nighttime; Dotted lines show the regulation of water temperature, and polygones the variation of shedding expressed in per cent by number of shed spores for the lots of a, b, c and d.

考　察

上の諸実験の中放出時刻がその対照区と著しく違つた場合はすべて前の日の夕刻から朝にかけて水温が対照区と相違し，且24°C以下の場合であつた。実験IIIのc区とa，b区，実験IVのd区とc区の間の与えた水温の差は夜間の半日に限定されたものであるが，実験Iのa）に於いて第2日の放出時刻が第1日のそれよりも著しく遅れたのも，この場合によくあてはまつている。前夜間に明らかな水温差がありながら放出時刻に変動を認めなかつたのは実験IIIに於ける第2日のa，b区であるが，何れの区も25°C以上であることからみて，或程度以上の高温にあつては水温がより上昇しても放出時刻は必ずしも早くならないのであろうと思われる。この結果は前章の実験IIに於いて放出時刻が春から夏にかけては前進し，夏から秋にかけて後退するにも拘らず，盛夏の候では略一定していたという結果と一致していると思う。

次に前章及び本節の諸実験の中，朝採取した時の水温がわかつているものについて，水温と放出時刻との関係を第12，13図に●で示した。これによれば約25°C以下の水温では，放出時刻は水温が高い程早いという略直線に近い密接な関係が認められるが，25°C以上では水温の上昇は必ずしも放出時刻を早めない様である。また本節の実験結果から実験室に於ける夜間の母藻浸漬水温の平均（日没時から日の出までの水温の平均）と翌日の四分胞子の放出時刻との関係を第12図に○で示した。実験例は僅か4つであるが，前夜間の平均水温と放出時刻の関係

は上の海水温と放出時刻の関係と一致しているらしいことがわかる。他の時刻に母藻が遭遇した水温，例えば日の出時から放出最盛時刻まで，日没時から翌日の放出最盛時刻まで或いは前日の放出最盛時刻から翌日のそれまで等の水温の平均と放出時刻との間には上の様な密接な相関々係は全くみられない。それ故放出時刻は前夜間の水温が殆んど決定して了つているものの様に思われるが，断定するには更に精密な実験を要するであろう。

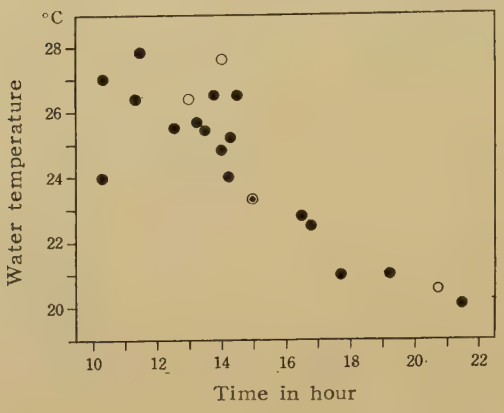


Fig. 12. Relation between the climax by hour of the day in the shedding of tetraspores in *G. Amansii* and water temperature. Dots show the temperature of natural sea water measured at 7.00 hour of the day when the samples were taken, from June to October, 1952. Circles showing the mean temperature in vessel measured during the preceding nighttime of the day when shedding was observed in laboratory, from August to October, 1954.

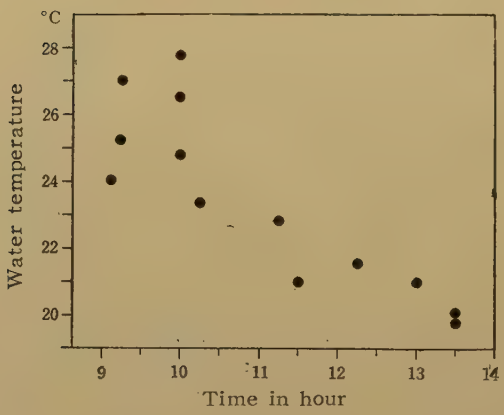


Fig. 13. Relation between the climax by hour of the day in the shedding of tetraspores in *G. Amansii* and the temperature of natural sea water measured at 7.00 hour of the day when the samples were taken, from June to October, 1952.

海水温と放出時刻の間に密接な関係があり，而も朝から放出最盛時刻に至る間の水温は殆んど関係しないらしいのであるから，前章に述べた放出時刻の時期的変動は自然の海中に大体適用できると思う。もつとも放出時刻に水温以外の自然的要因が全く影響を及ぼしていないと言い切れるものでもなく，水温 25°C を超える時期にあつては特にそうであるが，春から夏にかけて水温の上昇につれて放出時刻が早まり，夏から秋にかけては水温下降につれて遅くなるという傾向は疑えないと思われ，放出時刻を前夜の水温から大体予測することが出来ると思う。

次に前章で述べた様に真正紅藻類ではテングサ類以外にも日週期的な放出が見られるが，それらのすべてが水温の影響を受けているわけでもないらしい。カニノテ属の1種ではマクサと近似した時期的変動がみられるので，これは水温に左右されているらしいが，オゴノリやサンゴモ属の1種では明瞭な時期的変動はなく，特に後者では細密に実験したが，水温との関係は全然認められなかつた。また，松井・安田 (1955) によればマフノリ，フクロフノリの放出時刻には時期的な変動が殆んどなく，潮汐に関連して僅か動くだけらしい。これらの中カニノテ属の1種がマクサ同様漸深帯に成育するもので，他はすべて潮間帯に着生している種類であることは注意を要すると思う。

(B) 光　　線

方法と結果

実験 I　方法：須藤の言う光の累積作用とは藻体が日の出後或程度以上光を受けると放出が起るという意味であろうと著者は解釈したが，その仮説の是非を検討することを目的として実施した。即ち1950年10月4日早朝薄暗い中に無性個体を採取し，それを略二等分し，一方を暗黒下におき，他方は普通に室内光線下におき，両者の放出時刻を比較した。附着並びに計数を以下の様な方法で行つた。即ち1ℓ容のビーカーの底に3枚のスライドガラスをおき，母藻を入れて放出胞子を附着させ，スライドガラス1枚につき1cm以上離れた附着集団を3つ捉え，一視野に入る胞子を全部数えて，数値の大きなものから5個をとり，それらの平均を放出の比較値とした。爾後この計数法を便宜的に静止一視野法と呼ぶことにする。この方法でも胞子放出の比較的多い時刻を大体知ることは出来る。なお両区ともビーカーの周囲に水道水を流し，水温の差を生じない様に注意した。

結果：放出量の変動を第14図に示す。暗黒におくことによつて放出時刻が遅れるであろうと予想していたが，事実は全く違つて対照区より遅くならなかつたばかりか，むしろ早まつた傾向がみられた。計数方法が充分精密であるとは言えないが，朝から暗黒状態におくことによつてその日の放出が起らなかつたり，遅くなつたりすることはないであろう。

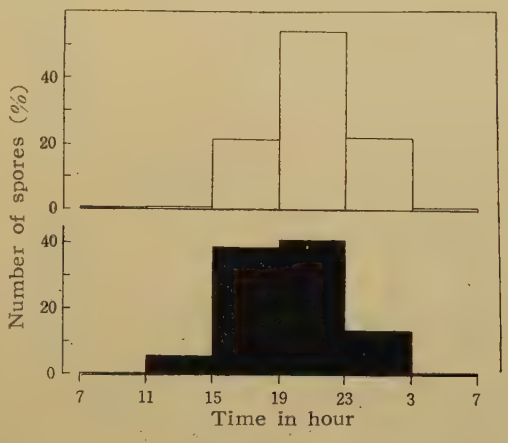


Fig. 14. Effect of light on the shedding of tetraspores in *G. Amansii* expressed by the number of spores counted by hour in a day (October 4—5, 1950). Upper histogram showes the count made on the sample plant placed under normal day light in laboratory, and the lower the same placed under the dark.

実験 II　方法：光線の影響があらわれるまでに長い時間を要するかも知れないと思い，1955年6月6日の9時頃雌性個体を1株とり，細分して3群にまとめた。1群を暗黒区とし，10時から翌朝7時まで暗黒状態に保持し，1群を照明区とし，夜間（19時から7時まで）100W電燈を70cm上方から照射した。藻体の受ける光の照度は上方から300 Luxで，白色容器を用いて下方からも側方からも反射光を藻体に当てた。残りの1群を対照区とし，普通の状態にしておいた。各容器の周囲に水道水を流すと同時に，照明区では容器の上に浅く水を入れたガラス水槽をおいて，輻射熱を吸収させ，各区の水温を等しく保つた。水温は採取時その地点で21.6°Cで，室内では20.0°Cから21.1°Cの間にあつた。その後の胞子放出量を静置一帯状法によつて精確に計数した。

結果：放出量の変動を放出率によつて第1表に示した。これによれば照明区の放出時刻は対照区より僅かであるが遅れた様である。暗黒区の放出時刻の中心は対照区と略同様であつたが，果胞子としては比較的長時間に亘つており，これは暗黒に長時間おいたゝめ藻体が弱つたことによるのではないかと思われる。

Table 1. Effect of light on the shedding of carpospores in *G. Amansii* expressed in per cent by the number of spores counted (June 6—7, 1955). The figures show the count made on the three lots of sample plants after the varied treatment of light for 21 hours.

Time in hour	Treatment		
	Normal condition	Lighted condition	Non-lighted condition
	%	%	%
7～8	0.5	0.1	1.2
8～9	0.7	0.0	2.1
9～10	6.6	2.9	4.0
10～11	13.9	9.2	14.9
11～12	22.5	20.7	18.2
12～13	21.0	23.9	18.0
13～14	17.4	23.9	20.5
14～15	9.1	10.3	12.7
15～16	6.2	7.0	4.5
16～17	1.0	1.8	1.3
17～18	1.1	0.3	2.6
Total	100.0%	100.0%	100.0%

考　察

須藤の言う光の累積作用の仮説から言えば，照明下に長くおくことは放出時刻を早め，暗黒下に長くおけば遅れる筈であるが，上の実験結果ではむしろ逆の傾向がうかがわれ，これは前夜の水温が放出時刻と関係するという前項の解釈と合致するものの様であるが，これを結論するには上の実験だけでは充分でないであろう。実験としては上の外海中で暗黒条件を数日間与えてみたこともあつたが，放出力を殆んど失つて失敗した。

なおテングサ類ではないが前記のカニノテ属の1種で試みた実験は参考になると思うので附記しておく。この種は室内で数日間放出力を保持し，且棲所がマクサのそれに近似した条件をもち，成熟時期も略一致し，更に放出時刻もマクサのそれによく似た時期的変動をもつている。この種の無性個体を暗室と普通の室内に分けて浸漬し，4日に亘つて放出時刻を追究した。その間両区の水温を大体 26～27°C の範囲に略等しく保つた。対照区の放出時刻は4日間とも略一定していたが，暗黒下のそれは1日毎に 2.5～3時間位早まつた。この結果は胞子の放出えの生理的進行が暗黒下では光線下より早いことを示しているものの様に思われる。以上の実験結果はマクサにも或程度まであてはまるかも知れない。

なお水温及び光線と放出時刻との間に密接な関係があるものなら，それは胞子放出の機構が他の生理作用と関連していることを暗示しているのではないかと考えられる。

(C) 蔭　　干

方法と結果

実験 I　方法：1950年10月無性個体で実験した。同一藻体を数個に株分けし，1群を対照の

無干燥区とし，その他を蔭干した。即ち藻体を海水でよく洗滌し，ガーゼで全面を叩いて水滴を除去し，海水で軽く湿らせたむしろ又は脱脂綿の上に布をへだてゝ並べ，室内の成るべく低温の暗い場所においた。次に放出胞子を固着させる方法と計数法は静置—視野法によつた。放出時刻を予想して，これに相当する時刻或は全くはずれた時刻等に浸漬し，放出比数の時間的変動を対照の無干燥区と比較した。

結果：3度の実験結果を第2表に掲げる。浸漬した時刻と正常な放出時刻との関係及び干燥時間によつて結果を下記の様に区分することが出来る。

Table 2. Effect of drying in the shade to the shedding of tetraspores in *G. Amansii* expressed by the number of spores counted (1950). The figures show the count made on the several lots of sample plants after the varied treatment. The solid lines show the time of drying.

A. October 12—13.

Time in hour	Time of drying			
	(1) Non-drying	(2) 6 hours	(3) 12 hours	(4) 24 hours
12～18	308			197
18～24	414	1013		69
0～6	48	40	1343	36
6～12	1	10	10	7

B. October 18—20.

Time in hour	Time of drying			
	(1) Non-drying	(2) 6 hours	(3) 6 hours	(4) 30 hours
8～11	74			
11～14				
14～17	143	360		
17～20	163	1245		
20～23	38	192	712	
23～2	16	14	39	
2～5	24	13	15	
5～8				
8～11	49	91	13	
11～14				
14～17	95	438	63	323
17～20	180	490	541	5
20～23	35	115	44	0
23～2				
2～5	10	5	9	4
5～8				
8～11	7	2	3	3
11～14				
14～17	10	8	8	5

Table 2 (Continued) C. October 26—28.

Time in hour	Time of drying (1) Non-drying	(2) 6 hours	(3) 6 hours	(4) 9 hours	(5) 20 hours	(6) 26 hours
8～11	17					
11～14	15				78	
14～17	21	29	8		59	
17～20	38	85	81	27	36	121
20～23	389	486	504	239	43	21
23～2	808	540	542	1109	97	13
2～5	482	516	535	349	90	67
5～8	210	147	125	120	45	24
8～11	30	20	11	135	22	10
11～14	27	22	11	58	36	12
14～17	58	30	12	58	28	45

1）放出時刻にかゝらない様に6～9時間蔭干し，対照区の放出時刻でない時に海水に戻した場合で，その後の放出時刻は対照区と一致する。従つてこの時間の蔭干では放出時刻を早めることは出来ない（即ち放出の促進は起らない）。なお両区共の放出胞子は健全であつた。第2表の B（2），C（2）（3）（4）がこれに当る。

2）放出時刻にかゝる様に6～12時間蔭干し，対照区の放出時刻或いはその少しく後に海水に戻した場合で，浸漬直後に特に多量の放出が見られた。これは放出を抑制された胞子がまとまつて出たのであると思う（即ち放出の遅延は起る）。なお両区共放出胞子は健全でよく発芽した。A（2）（3），B（3）がこれに当る。

3）放出時刻を含んで20～30時間位蔭干し，a）対照区の放出時刻でない時刻に浸漬した場合，浸漬直後と対照区の放出時刻の後半に放出の山が現われるが，他の時刻にもダラダラした放出がみられた。C（5）（6）がこれに当る。b）対照区の放出時刻に浸漬すると，その直後顕著な放出があり，その後は殆んど放出しない。A（4），B（4）がこれに当る。しかしa）b）何れの場合も放出胞子は全体として甚だ少く，発芽せずに間もなく死滅した。

実験 II 方法：1952年8月30日無性個体で実験した。同一個体を2個に株分けし，1個を対照区とし，他の1個を放出時刻にかゝる様に4時間蔭干した。40分毎に20分間の攪拌—帯状法で計数した。なお水温と蔭干気温は27°C前後であつた。

結果：結果を第15図に示す。実験Iと同様放出の遅延があつた様であるが，蔭干区の附着胞子は対照区のそれに較べて健全とは言えなかつた。

考 察

上の実験結果から四分胞子については，蔭干しによつて放出を誘発することは出来ないが，放出時刻を或程度遅延させることは出来るとみられる。その限度は上の実験では大体半日であるが，蔭干中の気温始め湿度等の条件について研究すればより長時間引延ばすことも可能であ

ろうと思う。しかし目下の所では増殖事業に利用し得る様な簡単な方法で，多量のしかも健全な胞子を任意の時刻に手に入れることは困難のように思われる。

結　　論

マクサの胞子放出時刻に及ぼす水温・光線及び蔭干の影響について，上述の実験の範囲内で一応結論づけてみると以下の通りになると思う。

1）水温は放出時刻に多大の影響を及ぼしているらしく，特に夜間の水温が翌日の放出時刻を殆んど支配しているらしく思える。但し約 25°C 以上の水温ではその高低は放出時刻の遅速と余り関係がない様である。

2）須藤の言う光の累積作用は放出条件とは認め難い。

3）蔭干によつて四分胞子の放出を遅延させることは出来るが，将来出るべき胞子の放出を誘発することは出来ない。

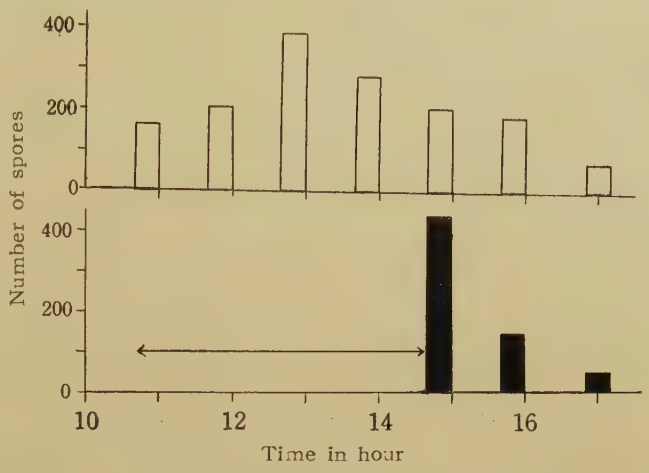


Fig. 15. Effect of drying in the shade to the shedding of tetraspores in *G. Amansii* expressed by the number of spores counted by hour in a day (August 30, 1952). Upper histogram showes the count made on the sample plant under the normal condition in laboratory, and the lower the same after the drying (solid line).

第3章　胞子の附着

序　　説

須藤（1950a）はマクサの胞子の沈降速度を検べ，1mmを沈降するのに17秒前後を要するという結果から，胞子の浮游・沈降は海水の流動に殆んど全く左右されるとした。また固着所要時間についてマクサ始めオニブサ，オバクサ及びユイキリの胞子について実験し，「之等が地物に接触してから，一応着生を終るまでの時間は5～20分，平均10分位と推定される」「着生率は放出後時間と共に減少し，3時間位後には殆んど着生しない」と報じた。非運動性の紅藻胞子の浮游・沈降が海水の流動に殆んど支配されるであろうことは頷けるが，附着力が上の様に弱いということは著者の経験からは同意し難かつた。また緑藻類・褐藻類の游走子の附着力（須藤1948）に較べて余りに弱すぎはしないかとも思われるし，更にオニブサ，ユイキリ等は勿論マクサ，オバクサにしてもしばしば波浪の相当強い所に群落を見ることからも納得し切れなかつた。紅藻類の附着力については須藤の外に報告がないので，マクサを材料として追試を行つた。その結果沈降速度については余り違わなかつたが，固着に要する接触時間は極めて短かく，放出後の浮游時間に伴う附着力の減衰も案外小さいことを認めた。

テングサ類に限らず，有用海藻類の増殖のために行われる投石に当つては，岩石の種類乃至岩面の状態が重要視され，一般に山から切り出された許りの粗糙な岩面の方が古い滑面より着生が良好であると見做されている様であるが，その理由について充分な説明はなされていない。これに関連して著者は「岩石の凹凸等の肉眼的に細微な地形的変化が，岩石に接する水の流動状態を左右して，その結果として胞子の附着に好都合な条件を作り出しているのではないか」と考えたので，これを作業仮説として，種々の模型を作つて室内で実験した。

以上の実験を1952～54年夏秋の候，マクサを材料として吉見に於いて行つた。

実験方法並びに結果

（A）沈　降　速　度

実験方法　胞子の放出時刻を予想して，清浄な海水をガラス角筒（内径約7cm×11cm，高さ約18cm）に満たし，表面下約1cmに張つた絲で少量の母藻を略水平に支え，鏡筒を水平にした低倍率（3～4×10～15）の游動顕微鏡で沈下して来る胞子を捉え，胞子の沈降に合せて2～3cmの間鏡筒を下げて行き，下降した距離と所要時間から1mmを沈下するに要する時間を算出した。

海水は長時間室内において室内気温と一致させることに努めたが，室温の変動が著しい場合には僅かながら対流が起るので，測定開始の約20分前から2Wの電球に球面をもつた笠をつけて海水の表面全体を照射し，水温を上程高くすることによつて対流を防いだ。この際表面では相当高温になるが（最大0.8°C底部より高くなつた），表面下1～2cmから5～6cmの間では極く僅かの差となり，それ以下には影響がなかつた。それ故表面下2～6cmの間で測定した。また須藤は胞子液を容れて沈下をみたのであるが，海水の流動が完全に停止するのを待つ間に重い胞子が沈下して了うのを恐れたのと，塵埃の混入が避けられないためその沈下が胞子

の沈降速度に影響することも考えられたので，始めから母藻を容れてそこから放出沈下する胞子を捉えることにした。なお空気の動揺も海水を流動させるが，これは容器にガラス蓋を被せて完全に防いだ。次に須藤が1 mm×2 mmの細長の角筒を用いたのに対し，上の様な大型のものを用いて，内央部を沈降している胞子を捉えた。これは主として壁面の摩擦が胞子の沈降速度を弱めはしないかと考えたことによるが，沈降速度が極めて小さいから問題にするに足りなかつたと思われる。

実験結果 果胞子による測定結果を第3表に示した。四分胞子では測定数が少いが，略同

Table 3. Velocity of the "falling" of the carpospore in *G. Amansii*.

Time required for falling (significans level of 1%)	Water temperature (mean)	Specific gravity of water at 15°C
11.5 ± 1.4 sec/mm	24.1°C	1.023c0

様と見られた。須藤の報告では四分胞子の沈降速度は水温25～26°C，S ‰ 34で17.2±1.3 sec/mm（危険率5%）となつている。水温・海水比重は著者の方が幾分低いだけで，而もこれらの沈降速度に及ぼす影響は相反する故両者の測定結果には少しく差があることになろう。

なお胞子の形状について附言すれば，沈降胞子は真球形を呈するのが正常であつて，アメーバ状等の不規則な形のものは正常でない。それらは附着力が殆んどないか，あつても発芽しない不健全なものであることが，この実験の予察実験或は次の固着所要時間の実験中に認められている。

(B) 固着所要時間

実験I 方法：大体須藤の方法に倣つて行つた。即ち放出の最も盛んな時刻を予想して，1～2時間円筒形の容器に海水を容れ，多量のよく成熟した母藻を吊して胞子を放出させ，自働装置の游動板で底部を激しく上下に攪拌して胞子の附着を防止することによつて，極めて濃厚な胞子液を作つた。この胞子液を周縁に薄いガラス板を並べた内径約12.5cmのシャーレに約2 mmの深さに静かに注入し，予定時間後順次出来るだけ静かにガラス板をとり上げて，清浄な海水中で振り動かして充分固着していない胞子を除去し，固着胞子数を第1章に述べた帯状法で精密に計数した。放出後の経過時間を変えて，四分胞子及び果胞子で十数回実験した。なお胞子液の水温を27°C以下に保つことに留意した。

結果 放出後（A）1～61分（B）2～3.5時間游動した四分胞子がガラス面に接触した時間と固着数の関係を第16図に示した。但し静置時間をそのまゝ接触時間として取扱つた。平均沈降時間を水深と沈降速度から計算して静置時間から差引いたものを接触時間とすることも考えたが，注入後胞子液は暫く流動しているし，結果から見て緩い流動水中では胞子は附着し得る様であるから，沈降速度は問題にならないと思う。これらの図によれば接触時間と固着数の関係は曲線的で，極く短時間の接触で，固着する胞子が多く，又放出後長時間経過すれば附着力が弱まるらしい。外の多くの実験では一・二の測定値に著しい大小を生じたが，上の傾向には変りがなく，又果胞子も四分胞子と同様と思われた。

実験II 方法：実験Iでは接触時間は最大25分乃至30分であつたが，この程度の時間では固着数は未だ100%に遠いと思われたので，この実験では大体2.5時間まで追究した。なお次の

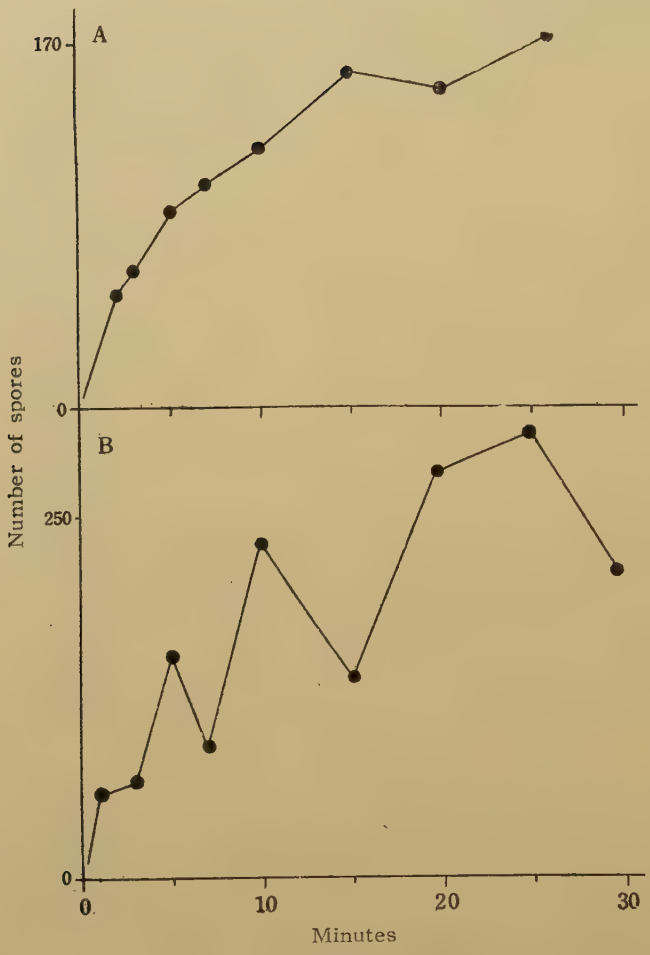


Fig. 16. Increase of the number of adhered spores of *G. Amansii* in course of the time of contacting with glass surface. A. In case of the tetraspores elapsed 1 to 61 minutes in floating after liberation. B. The same 2 to 3.5 hours.

様な点で実験方法の改良を試みた。（1）実験Iでは胞子液を作るため母藻を1時間或いは1.5時間浸漬したが，それでは放出後の経過時間があいまいになり，特に放出直後の胞子の附着力を捉えられないので，この実験では短時間で濃厚な胞子液を得るため，放出状況を追究して，最も盛んな時刻に多量の母藻を浸漬し，15分及至20分間で所期の濃厚液を得ることが出来た。（2）容器としては直径28cm余りの丸盆を用いた。それはガラス板をとり上げる際如何に静かに行つても，それだけ水面が低下するため水が移動することになるが，大型の容器を用いれば，水面低下は極く小さくなると考えたことによる。実験を四分胞子で2回行つた。

結果 放出後（A）1～16分（B）50～70分浮游した四分胞子による結果を第17図に示した。これによれば接触時間2時間で固着する胞子の中，（A）では70%以上が，（B）でも30～50%位が1分以内で固着したものであると見られる。

実験 III 方法：上述の水面低下による水の移動を完全になくするためには，各接触時間について夫々別の容器を用いる必要があるので，胞子液を数個の同じ大きさのシヤーレに等水深に分配してみたが，胞子の量を均等に分けることが困難で失敗した。そこで次の方法を試みた。即ち胞子液を5組のシヤーレ A_1～A_5 に容れ，夫々予定の時間静置した後，未附着の胞子を含む各胞子液を夫々シヤーレ B_1～B_5 に移し，更に毎回Aを清浄海水で洗つて，洗滌液をもBに移した。Bを5個とも2時間静置した後その液を捨てた。胞子を固着させるガラス板はシヤーレの底に精確に合せて円形に切つたものを用いた。そしてシヤーレ An と Bn の固着量を計数した。実験は四分胞子で1回である。

結果 前記実験IIの結果から見てシヤーレ An と Bn に於ける固着数の合計は附着可能胞子全部に近い数であると見られる。* そこでこれを仮に100%としておくと，或静置時間を与え

* シヤーレBnにおく時間を附着可能胞子が全部ついて了うまで充分長くしておけばよいわけであるが，枯死胞子がふえて計数が困難になるので2時間とした。

たシャーレ An に於ける固着率は 100×(Anの固着数)／(Anの固着数＋Bnの固着数) から余り隔つてはいないであろう。第18図に放出後12～32分浮游した四分胞子の固着率と接触時間の関係を示した。本図では接触時間に伴う固着率の増大がよくわかり，やはり短時間で高率の胞子が固着を遂げるものと見られる。そして附着率N％と接触時間T分の間に大体

$$N = a\,T^{b} \qquad a \fallingdotseq 55,\quad b \fallingdotseq \frac{1}{8}$$

なる関係があるらしい。即ち接触時間1分で55％位の胞子が固着を遂げたことになる。

実験 I，II に於いても固着数と接触時間の間に略同様の関係が認められるが，載片 log a と勾配係数 b が放出後の浮游時間によつて異り，放出後時間を経た胞子程附着力が弱いことになる。しかし上式によれば一部の胞子は基面に接触すれば瞬間的につくことになるが（実験 III では約40％が 6 秒以内に附着するわけである），この様な短い接触時間に於ける附着については上の方法では実証し得ない故，この式を今直ちに全般に適用することは避け，今後の研究にまちたい。

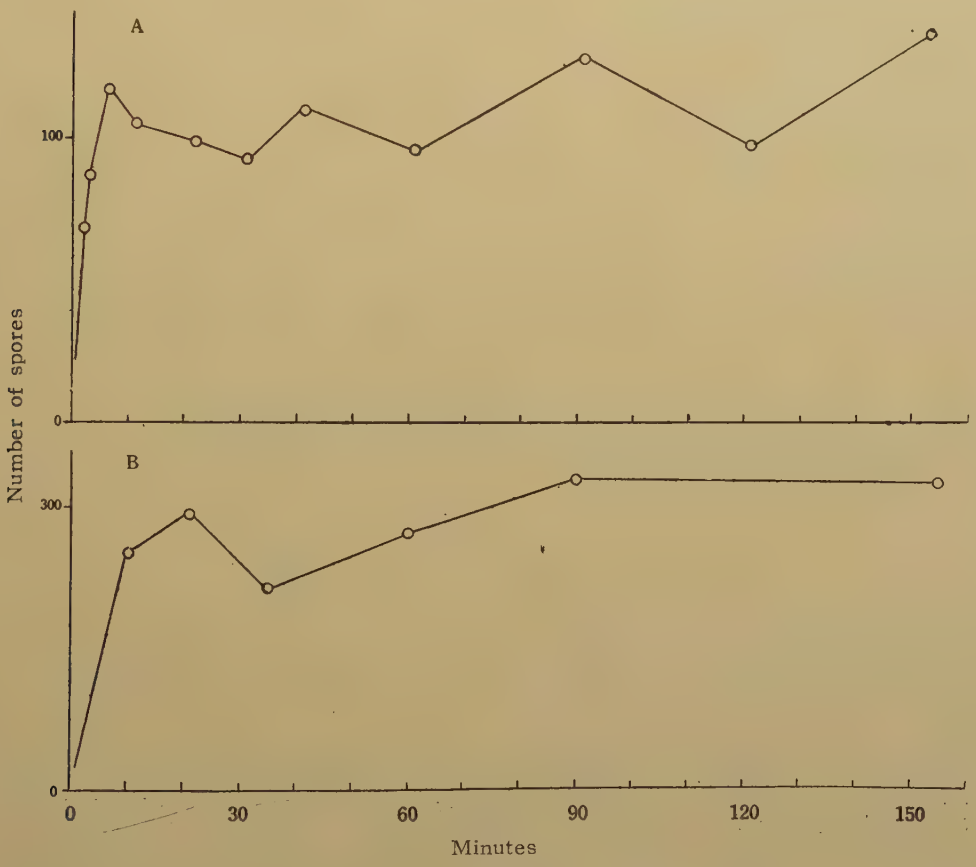


Fig. 17. Increase of the number of adhered spores of *G. Amansii* in course of the time of contacting with glass surface. A. In case of the tetraspores elapsed 1 to 60 minutes in floating after liberation. B. The same 50 to 70 minutes.

以上の実験では，放出後の浮游時間を一定にし，接触時間に伴う附着量の増大をみたのであるが，これとは逆に接触時間を一定にし，浮游時間に伴う附着量の増大をみるという方法も試み，既報（片田・松井1954）した様に上の実験結果を大体に於いて裏書きする結果を得たが，実験方法が精密であるとは言い難いので省略する。ただこの実験に於いて数時間浮游して附着した胞子の大部分が極めて健全な様に見受けられたので，浮游時間と発芽力の関係についても1度実験した。その実験では放出胞子が大部分前述の様なアメーバ状で殆んど附着力を欠き，辛うじて附着したものゝ中発芽したものは極く僅かであつたので，確実な結果を得られなかつたが，放出後4～5時間浮游した胞子の中にも健全な発芽を遂げたものがあり，その率は放出後間もなく附着させたものに劣らない様であつた。それ故発芽力も相当長時間保持されると見てよいと思う。

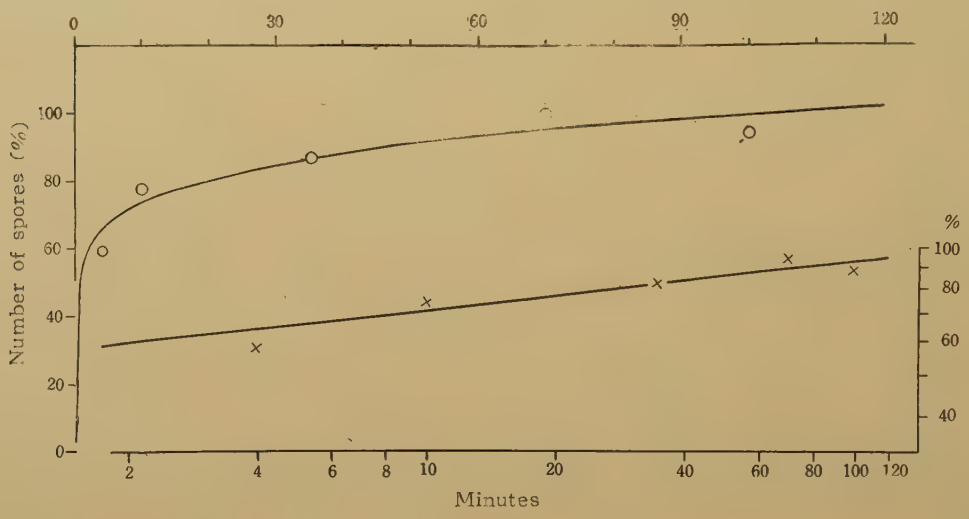


Fig. 18. Increase of the number of adhered spores of *G. Amansii*, expressed in per cent, in course of the time of contacting with glass surface, in case of the tetraspores elapsed 12 to 32 minutes in floating after liberation. Crosses showing the logarithmic values.

（C） 附着位置に及ぼす水流の影響

前述の作業仮説に基いて模型実験を行つたが，全く模索的な段階から始めたので，実験は極めて多岐多数に上つた。しかし結論は唯一つになつたので，以下代表的な例を挙げるに止める。

実験I 方法：第19図に示す様にビーカーの底に大型の下ガラス1と数個の小型直方形の上ガラスuをおき，海水を満たして母藻を浮かべた。そして自働装置の小さな游動板を以て大体上下の方向に緩く攪拌しながら胞子を放出，附着させた。

結果：上ガラスの面は下ガラスの面より常に固着胞子が少く，攪拌が少しく強ければ全く附着しない。上ガラスの周辺沿いに下ガラス面に密集部分が出現するが，これが上ガラスの基底から僅か乍ら離れていることに注意を惹かれた。この事実から胞子の附着位置は水の流動状態の変化境界と関係があるらしいことが推察された。

実験 II　方法：角型の浅い容器の底にガラス板をしき，その上に2枚の細長いガラス板を立てて流路を作り，海水を水深約2.5cmに容れ，自働装置の水車等で8 cm/sec 位の水流を流路に起し，流路の全幅を高さ約 1.5cm のガラス障壁6個で直角に遮り（第20図），上流に母藻をおいて放出胞子を流した。ガラスの接着にはカネダインを用いた。又肉眼的な塵埃が底に落ちると胞子の附着位置に大きく影響するので以下のすべての実験を通じて母藻を徹底的に洗滌する等塵埃を流さないことに苦心した。

結果：水流の状態と肉眼で見た固着胞子の分布を第20図に示す。即ち障壁の前後に小さな反流（垂直環流の基底に接する部分）と滞流部を生じ，反流が上昇する際それらの境界部に胞子が残されて，密集附着帯 a，b，c を作るものと推察される。

更に障壁を1 cmまで高めて，同様の実験を行い，やはり垂直環流と緩滞流部の潮目の位置に濃厚な附着帯が出来ること及び障壁が高い程，胞子の附着位置は障壁から離隔することを確かめた。

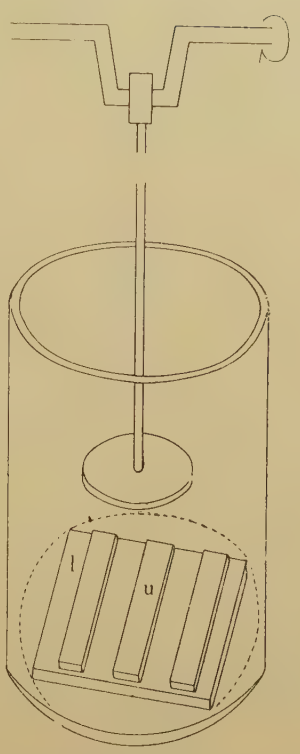


Fig. 19. Apparatus for the first experiment on the influence of the water current upon the adherent position of the spores. l and u show the glass plates.

実験 III　方法：流路，流速は前実験と全く同じであるが，低障壁が流路の全幅に亘つていない点が違つている（第21図）。

結果：水流の状態と固着胞子の分布を第21図に示す。胞子の分布はやはり潮目の現われと見られる。密集帯 a，c は前実験の a，c と同じ性質のものと認められるが，a，c より濃厚な巴形の密集部 d はやや複雑である。これは拡大図に示した様に特に濃密な弓状部とやや稀薄な円形部か

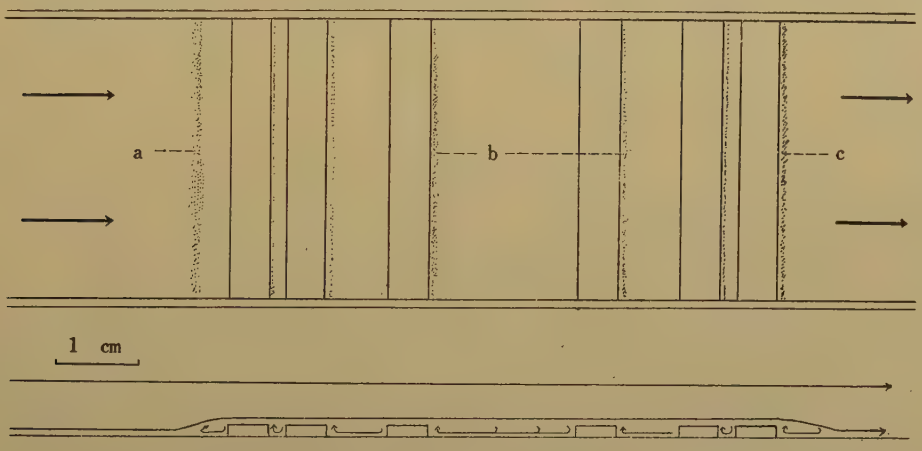


Fig. 20. An example of the distribution of the adherent spores affected by the water current (arrows). The main current flows at a velocity of 8 cm/sec. Reference to the text for a, b and c sign.

ら成つている。前者は主に微底流Lによつて出来るものであるが，後者は主流Nの反対方向に流れる微底流Mと上記Lによつて形成される小さな渦流が主流Nに引かれて上昇する際胞子を残すことによるらしい。従つてdも根本的にはcと異ならないと思う。

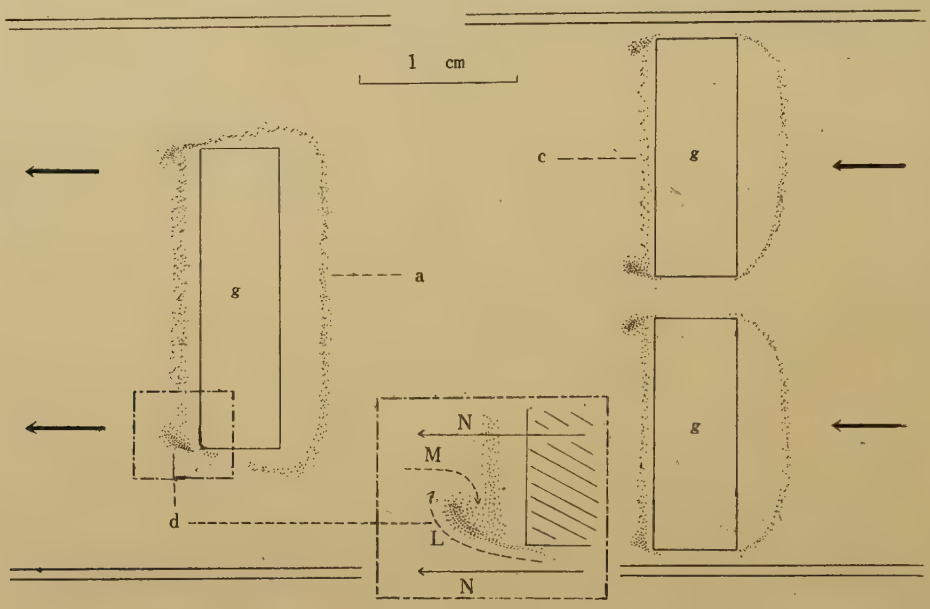


Fig. 21. An example of the distribution of the adherent spores affected by the water current. The plate glasses indicated by g have a thickness of 2 mm. L and M indicate the bottom currents, and N the main current with 8 cm/sec velocity.

実験 IV 方法：第22図に示す様に，実験IIの垂直障壁を2つの斜面からなる障碍に換えただけである。

結果：第22図Aに示した様に密集部分は第20，21図に於けるcと同じ意味のものが1つ現われた。向流斜面は15度の緩傾斜であるが底流が特に強まるためか，全然附着を見なかつた。これに対して脊流斜面には極く疎らに固着胞子が見られた。これはこの附近が滞流部になつているからであろう。この外，障碍の角度を換えたり，幾つか連接しておいたり，又垂直障壁と組み合せたりしたが，結果が複雑になるだけで密集位置はやはり潮目以外にはなかつた。第22図Bはその1例である。

なおこの種の装置で中央線から片側を磨りガラス，片側を透明ガラスにして試みたが，胞子の分布・濃薄には特に差違を認めなかつた。

実験 V 方法：第23図に示す様に浅い直方形の容器に約2.5cmの深さに海水を容れ，流路から3～4 cm/sec 前後の水流を送つて枠内を環流させ，胞子を上流で放出させた。そして水路の口と水流の直突する壁との距離を伸縮して流動状態に変化を与えた外，流速や水路の口を拡げたりして多数の実験を行つた。

結果：第23図によれば胞子はやはり緩流部の周縁に密集して固着する。BにはAにない密集部aがあるが，これは20，21図aと略同様な場合と見られる。

実験 VI 方法：第24図に示す様に前実験をより単純にしたもので，大型の容器を用いて環流になることを避け，又水流を左右に分けなかつた。同図のBはこの装置に加えて，底流を直

角に遮る様に高さ5 mmの細長いガラス障壁oを水路の口に立てたものである。

結果：第24図Aの弓状密集帯とBに於ける同形の密集a帯は前諸実験の結果から予期されたものであるが，低障壁oの前に同形小型の同じ原理による著しく濃密なa′が出来たことは興味深い。又cは第20，21図cと同じ性質のものである。

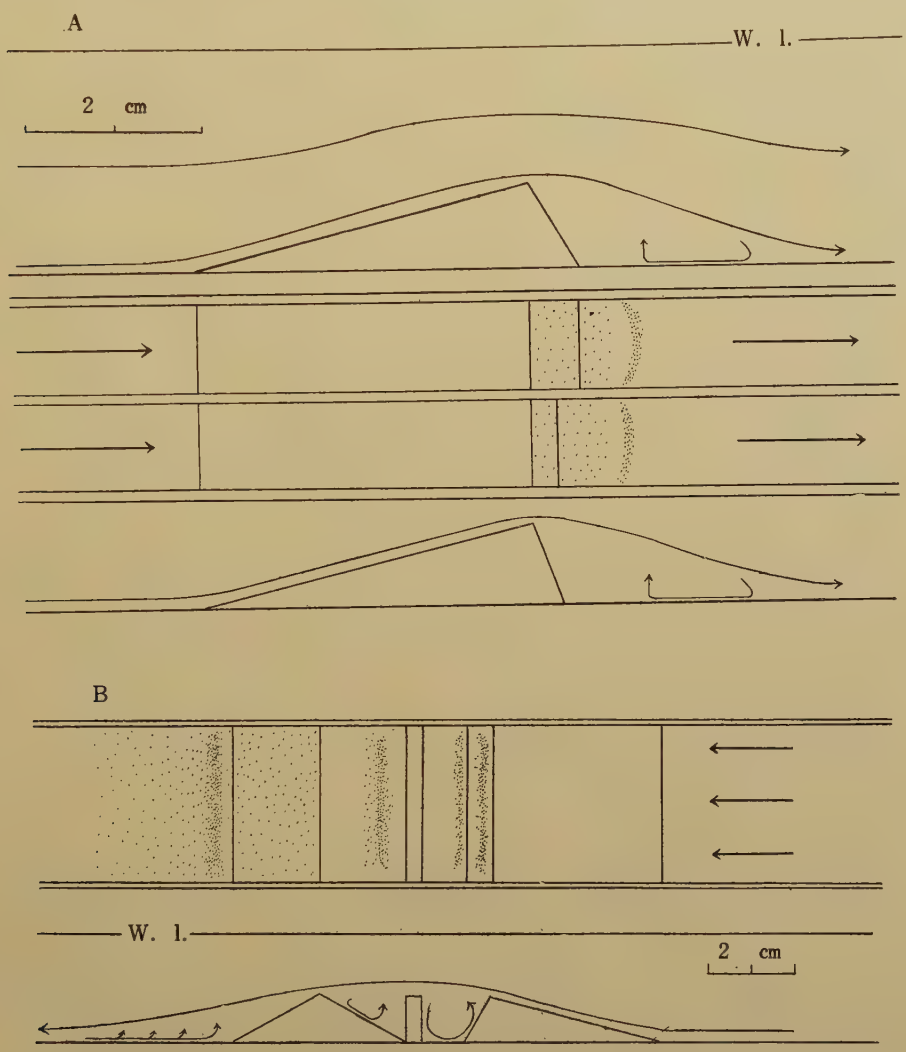


Fig. 22. Two examples of the distribution of the adherent spores affected by the water current. Both main currents in A and B flow at a velocity of 8 cm/sec.

実験 VII 方法：前記其他の諸実験中，偶然80度前後の急斜面にも胞子の密集帯が生じたのを見出した。水流の状態を精確には把握できなかつたが，やはり潮目に因るものらしく，これを確かめるため第25図Aの装置を作つた。即ち水路の壁を70度に傾斜させ，途中で上層の流れをそらし，下層水流を真直ぐに送り出し，急斜面 a_3, b_3 に接して潮目が形成される様にした。而して b_3 には前実験同様低障壁を設けた。

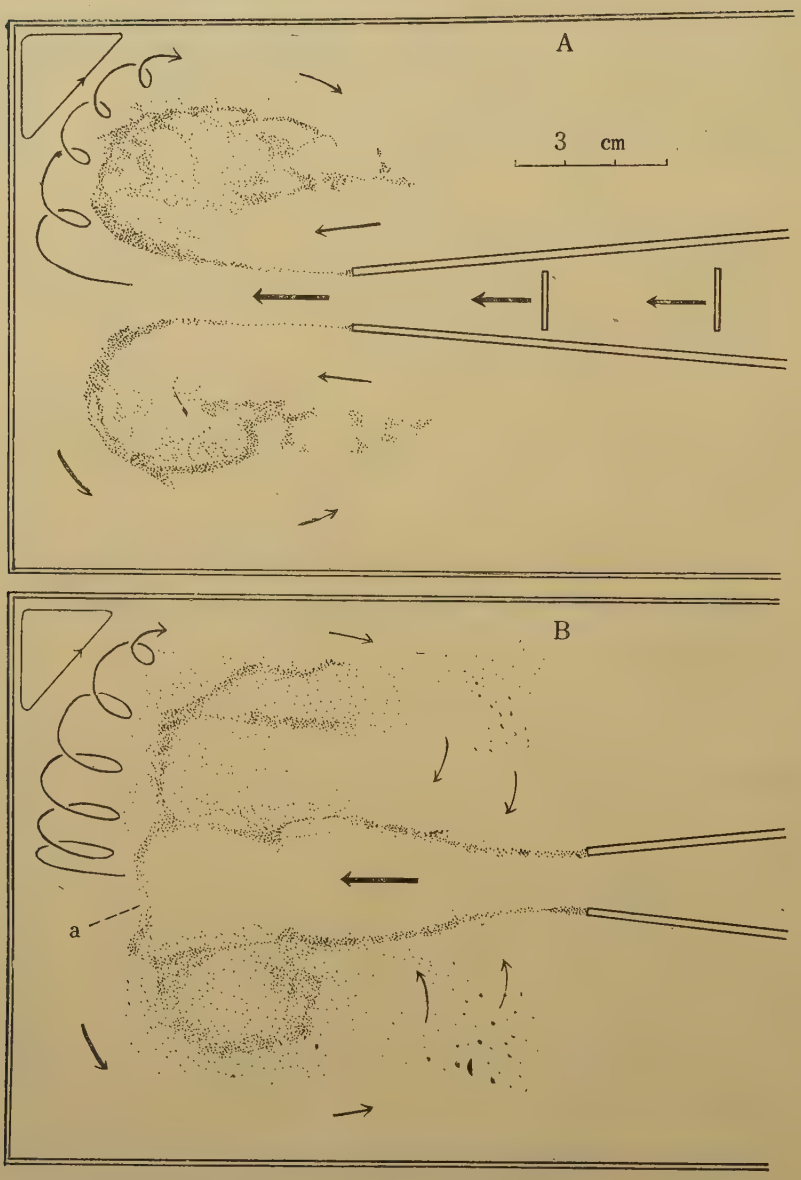


Fig. 23. Two examples of the distribution of the adherent spores affected by the water current. Both main currents in A and B flow at 4 cm/sec velocity in maximum.

結果：第25図B，Cに示す様に略予期した位置に前実験と同様の原理による密集部が現われた。これによつて急な斜面でも潮目さえあれば胞子は附着し得るものであることがわかつた。なおこの様な複雑な装置によらなくても傾斜面に平行に水流を起し，何らかの障碍を設ける等して潮目を作りさえすれば，胞子は著しい急斜面でも充分附着することが出来る。但し如何に工夫をこらしても，正確に垂直にしたガラス面に胞子を密集して付けることは出来なかつた。もつとも攪拌が極く弱い場合には疎らに附着するものである。

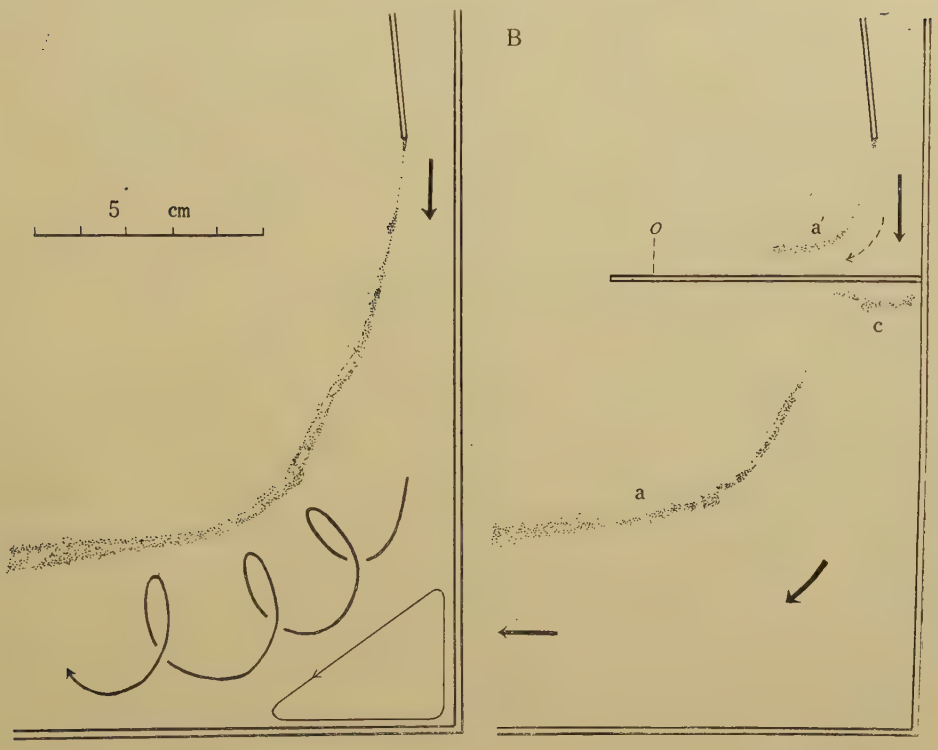


Fig. 24. Two examples of the distribution of the adherent spores affected by the water current. The obstacle indicated by o in B is 5 mm in height, and both main currents in A and B flow at 4 cm/sec velocify in maximum.

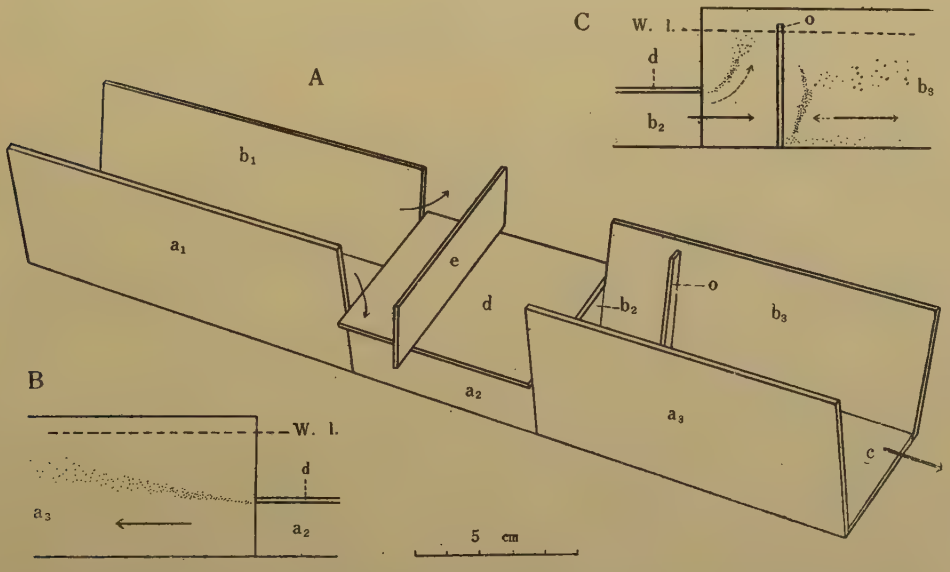


Fig. 25. An example of the distribution of the adherent spores affected by the water current. A. Apparatus. B, C. Distribution. a—e and o indicate the glass plates. The main current flows at a velocity of 8 cm/sec.

考察

沈降速度は須藤の報告より若干速いという結果になつたが，何れの値がより真に近いかとゆうことは殆んど問題でないと思う。何故ならば仮に著者の結果がより真に近かつた所で「胞子の散布移動は全く他動的に海水の流動によつて行われる」という須藤の結論には何ら変更を来さないに違いないからである。

しかし固着に要する時間については須藤の結果と著しく異なり，大部分の胞子は極く短時間で固着を遂げ，放出後の経過時間に伴う附着力の減衰も須藤の報告に於ける程甚だしいものではなかつた。

また水流と附着位置の関係の実験によつて，胞子は基面に於ける水流の境界，いわば潮目に沿つて密集して附着することがわかつた。緩滞流部内にも疎らに附着するが，これは潮目の位置より附着に不利なのではなく，流入胞子が遙かに少いことに因るのであろう。従つて水の流れが速いということは必ずしも附着の妨げではなく，潮目を作る様な地形でありさえすればかえつて多くの胞子が集まるわけである。従つて基面に粗大な且鋭い凹凸があることは附着にとつて有利であり，顕微鏡的な微凹凸は殆んど関係しないと見られる。最近尾形（1953）は海中に面の凹凸の程度を異にする5種類のガラス板を設置してサンゴモ類胞子の附着を検べ，平滑なガラス面や胞子より小さい微凹凸をもつ磨りガラス面などよりも，肉眼的に粗大な鋭い凹凸をもつダイヤガラス面などに多く附着すること，また透明ガラス，磨りガラス及び粗大な凹凸はあるが傾斜の緩やかな色紙ガラスの三者間には顕著な差がないことを報告している。千葉県水産試験所（1952）は海中にスライドガラスを設置してテングサ胞子の附着をみた結果，水流が制約される位置に多く附着するらしいと報じている。投石事業に於いては岩質と発芽の良否について長く論議され，一般に軟質粗糙の岩面に発芽が多いとされて来た。その原因を胞子附着の良否のみに帰することは疑問ではあるが，軟質粗糙の岩石は普通肉眼的凹凸に富み，胞子が附着し易いことも一因であると思う。岩石の化学的性質や微凹凸は胞子の附着にとつては直接には影響がないと考える。

須藤（1950a）はその実験結果に基いてテングサ類胞子の附着について「放出後，短時間の間に水の流動で偶然近くの岩面に接触し，こゝに5～20分接触して止まる機会を得ると着生するもので，従つて主に着生するのは母藻の近くの狭い範囲であろう」と結論している。更に同氏（1950b）は不動胞子一般について「不動胞子の沈降速度は小で，・・・・。従つて海中では全く他動的に海水の動きによつて散布され，少数のものが岩に接触する」「海藻は何れも極めて多くの胞子を作るが，この中生育適地に着生するのは極く僅かで大部分は無駄に流失する。着生後の生残り率は種によつて異なるが，着生率にくらべてはるかに大きい場合が少くないと思われる」と述べている。

著者は上述の実験結果に基き，自然に於ける胞子の附着の機会について以下の様に推察している。胞子の大部分は基物に接触すれば殆んど直ちに固着すると見られる上，岩面及びその附近の地形の変化は多かれ少かれ胞子の附着し易い潮目を作つているに違いない。なお母藻は海底では水の流動で傾臥している場合が多いことが観察される故，放出直後の胞子は岩面から大体7～8 cm 以内の範囲にある場合が多いであろう。従つて胞子は母藻に極めて近い位置で附着する機会を得るものが多いと思う。母藻から遠ざかる程胞子は水平的には勿論垂直的にも拡散し，岩面に接触する機会が甚だしく減少することは間違いないが，一面胞子の多くは2～3

時間位の浮游では附着力も発芽力も失われないのであるから，潮の動きの如何によつては相当遠方に附着して発芽するものもあり得るわけである。以上から岩面とは限らないが兎に角海底に附着し得る胞子が浮游中に枯死するものに較べて著しく少いとは思えない。たゞ自然海底に於いては附着胞子の中適地に当つたものが極く一部であることは想像に難くない。天然の岩面に於いては普通岩面の余地は極めて少いから不適な場所に附着することによる消耗も極めて多いと考えられる。不適地に附着した胞子はその後発芽成長を阻止されるのであるからこれは結局生残り率の問題であると解すべきであり，従つて投石・除草等の適地造成手段は附着率を高める手段であるというよりむしろ生残り率を高める手段であると見るべきであろう。また胞子は前述の様に潮目の位置に密集して附着することが多いと思われるから生き残るのはその一部であり，他は枯死すると考えられる。以上から生き残り率が附着率に較べて遙かに大きいとする須藤の論には直ちに賛成することは出来ない。増殖手段としては播種もさることゝ乍ら，群落の状態や施設時期によつては単なる投石・除草も案外有効な場合が多いのではないだろうか。

次に底流を拘束して潮目を形成する意味に於いて，多少の植生や固着動物の存在がかえつて胞子の附着に有利に作用する場合もあるかも知れない。HATTON (1932), REES (1940)及び NORTHCRAFT (1948) が植生連続の研究に於いて，削除された岩表面に最初に繁茂する *Enteromorpha, Ulva* 等の一年生海藻は，次に繁茂する *Fucus, Rhodoglossum* 等の多年生海藻の卵，胞子の附着を助け，結局それらに位置をゆずるといつているのは，附着を助けることについて具体的に説明してはいないが興味深いことと思う。この様な現象はテングサ類始め多年生海藻の増殖施設，特に除草の方法・作業時期について検討すべき問題を提供しているので，群落の遷移と胞子の附着・発芽の両面から研究を進めるべきであると思う。

結　　論

1）胞子の沈降速度については須藤の報告より多少速いという結果を得たが，これは「胞子の散布移動は全く他動的に海水の流動によつて行われる」という氏の結論を特に変更するものではない。

2）附着力は須藤が報じたより余程強く，放出直後の胞子の大部分は数分以内の接触で固着を遂げる。放出後時間の経過と共に附着力は漸減するが，須藤の報じた様な著しい減衰を示さない。発芽力も案外長時間保持されるものとみられる。

3）胞子は基面に接して形成される潮目の位置に集合して附着する。従つて岩面の肉眼的な凹凸は勿論，植生や固着動物等の存在も水流を制約して胞子が附着する機会を作つていることが考えられる。

第4章　発　　芽

序　　説

テングサ類の初期発生については 1914 年に KILLIAN が *Gelidium capillaceum* 〔= *Pterocladia capillacea* (GMELIN) BORNET〕の四分胞子のそれについて簡単に報じたが，我邦に於いては大野が1927，'32年にマクサ* の四分胞子と果胞子の発芽を報じたのが最初である。それによれば四分胞子も果胞子も差違がなく，先づ発芽管を生じて胞子内容が此の中に移行し，空虚になつた旧胞子との間に隔膜を生ずる。それが分裂増大して発芽管の伸出した方向に仮根を発生し，後に之と反対側に成長点を生じ，その後はその分裂によつて成長して行くというのである。更に1941年猪野は同じくマクサの果胞子の発芽について発芽管伸出前後の経過をやゝ詳しく報じたが，大体に於いて大野のものと一致していた。以上の他 FELDMANN (1938) も *Gelidiella tenuissima* (THUR.) FELD. et HAM. が類似の発生をすることに触れている。

著者は1941年夏小湊実験場に於いてマクサ及びオバクサの発芽を追究し，従前の研究者が触れなかつた一・二の知見を得たのでやゝ詳細に報告した（殖田・片田1943）。その後1947年に猪野は著者等の実験結果を確認し，これ等の発生の型をテングサ型 Gelidial type と呼称した。又高松も1944年に著者等の報告を認めた。著者はその後1948年及び1949年の夏上記の場所で，オニブサ，オニクサ，ハイテングサ，ヒメテングサ及びユイキリの発芽を実験観察して，それらが何れもテングサ型の発生経過をとることを確認すると共に，マクサとオバクサについてはその後も疑点の究明に努め，僅かながら前報告に訂正すべき点を見出した。

実　験　方　法

方法としては清浄な海水を容れたガラス容器内で主としてスライドガラス及び貝殻，小石，瓦片等に胞子を附着させたものを自浄海水中で振り動かして，塵埃や他の生物を出来るだけ除去して別の容器に移してから自浄海水を2，3日毎に換えて培養した。その際硝酸ソーダ（$NaNO_3$），燐酸ソーダ（$NO_2\ HPO_4$）及び土壌浸出液を添加したこともあつたが，発生速度に大差なく，硅藻・緑藻等の繁殖が盛んとなり結果がよくなかつた。結局自浄海水を頻繁に換えるのが，速度の点からも雑藻の繁殖を抑える上にも最良であつた。時に条件を天然状態に近づけるため容器内に濾過海水の新しいものを絶えず流して培養したことも少くなかつた。この場合にも発生速度には殆んど差がなかつたが，変則的な発芽体は減少した様であつた。

静水培養では多くの場合容器の周囲に水道の水を流して培養液の急激な温度変化特に上昇を防いだが，そうしなくても後述の様に約 28°C 以上への急激な温度上昇がなければ殆んど差支えがなかつた。但し何れの胞子も直射日光には弱かつたのでこれを避けることに留意し，また容器にガラスの蓋をすることは塵埃の落下を防ぐ外温度変化を軟げる上に効果が大きい（猪野1947）のでこれは必ず実行した。また特にマクサでは胞子付けをしたアワビの殻を海中の大干

* 「ナンブグサであつたかも知れない」と須藤（1954）は述べている。

潮線以下或いは潮溜り中の適所に設置して天然状態で育成し，室内培養のものと比較した。

実　験　結　果

(A) マクサ *Gelidium Amansii* LAMOUROUX※ (第Ⅰ，Ⅱ図版)

四分胞子と果胞子では大きさ，形状，発生経過とも全く相違が認められない。固着胞子は球形で，アメーバ状を呈する場合もあるが，これ等は殆んど発芽しない。その直径は 27.8～36.7μ，平均約32μで中央に1個の核を蔵し，紅色の粒状色素体が散在し，核の周囲が特に濃厚である (a)。胞子は普通放出後数時間で発芽を始める。即ち先づ色素粒が分散する様な状態となり，細胞の外側に透明な部分を生じ，そこが突起状に膨出してその中に原形質が移行して所謂発芽管を形成し，胞子内は殆んど透明となり (b_1, b_2, b_3)，発芽後約2時間で発芽管との間に隔膜を生ずるに至る (c_1, c_2)。この様にして出来た細胞が所謂基本細胞で，中央に1個の核があり，色素粒は稍網状に不均等に分布しているが，基本細胞の形には従前の研究者が気付かなかつた特徴がある。即ち一方の面から見ると長円形乃至長卵形を呈し (c_1)，その側面から見るとややコンマ状を呈していることである (c_2)。この事実が看過されて来たのはコンマ状に見える向きになつているものが比較的少いからであろう。

基本細胞がこの様に特異の形態であることはその後の分裂・成長と関連して重要な意味をもつものと思われる。基本細胞は間もなく分裂を始めるが，此際最初の分裂が又極めて特異的であることは特に重要である。それは第1分裂面が基本細胞のコンマ状の面の長軸に沿うて現われ，それを紡錘形にして両端のやゝ尖つた小細胞と両端鈍円で中央の少しく縊れた大細胞に分割することである (d_1, d_2)。比較的多くの場合小細胞が上側にあるため，既往の研究者は第1分裂を看過したり，横分裂だと思つていた様である (d_3)。なお原胞子の殻が必ず大細胞に付いていることもこの分裂の特徴である。稀には横割れするもの (d′)や，発芽管を出すことなく胞子の儘分裂するもの (f′) 等も見られる。

次に第1分裂によつて出来た両細胞は夫々大体横の方向に分裂し，同時に始めの大細胞の一端，発芽管の伸出した方の端に色素の殆んどない細胞を分離する (e_1, e_2, e_3)。この細胞は最初の仮根となつて長く伸出する (f)。その後縦横不規則に分裂が続けられて，発芽管突出後20～50時間位で細胞数は20～30個位迄増加し，長径は仮根と原胞子の殻を除いて約50μになる。此時に於いても尚第1分裂面が明確に発芽体を2個の細胞塊に区分してをり，而も夫々起原の細胞の形を大体受け継いでいるが，大きさの相違は殆んどなくなつている。又大細胞に由来する細胞塊は相変らずその一端に原胞子の殻を着けている。なおこの時期には色素体が板状に発達して細胞の壁に接着している (g_1, g_2)。

発芽管伸出後70～80時間 (水温25°C前後の場合) で仮根の反対側に1個の透明な成長点細胞が発現する (h)。ここに又重要な事実はこの成長点が最初の小細胞から起つた細胞塊に出現することである。他方の細胞塊に於いても之と殆んど同時に或いは前後して仮根の反対側の細胞が甚だしく膨大し且透明となり，一見成長点らしくなるが，これは普通その後数個に分裂するだけで伸長を司る成長点とはならない (i, j)。但し中にはそれから真の成長点を出したらしいものも見られ，それは二又に分岐して成長したが (k′)，次章に述べる側生芽が早期に発出し

※ 学名は総て日本海藻誌 (岡村) による。

たものかも知れない。但し海中育成のものには見出されなかつた。稀に成長点を発出するべき位置から仮根を発出したものがあつた（f″）。仮根はその後第2，第3と発出し，第1仮根が大細胞から出たのに対し第2仮根は普通小細胞塊の先端の細胞が伸出するものであるが（i），この順序は逆のこともあり，概して仮根の出方は余り規則的でない。また仮根の伸長度は後述の様に培養条件に大きく左右されるが，ガラスに着生させたものより貝殻に着生させたものの方が長くなる傾向があることをアワビ殻を顕微鏡下に割つて確かめた。

培養5～6日で成長点の分裂が始まり（i），発育が旺盛になつて来て，2つの細胞塊の境界も次第に不明確になり，又原胞子の残殻も除々に薄くなつて来る（j）。この時期に於ける伸長の方向は基盤に対して斜め上又は殆んど真上が原則であるが，室内培養では略水平に伸びる場合も少くない。培養10日位で長径100μを超え，肉眼でも1個体を赤い点として認め得る様になり，原胞子の殻は普通消失している（k）。この頃までは室内培養でも海中育成でも殆んど相違はないが，その後は形態に於いても伸長度に於いても次第に相違が現われて来る。

（B） オバクサ *Gelidium pacificum* OKAMURA

固着した四分胞子の直径はマクサと略等しく形態・色彩上にも差違がない。発生経過も全然同一であり，更にマクサの胞子と同時に同容器中で数日間比較培養した所では発生速度も殆んど変らなかつたが，長期培養ではマクサより少しく遅れる様であつた。

（C） オニクサ *Gelidium japonicum* (HARVEY) OKAMURA （第Ⅱ図版）

固着した四分胞子は普通 25～28μ位で26μ 前後が最も多くマクサより小さいが形態・色彩の差違は見られず，又発生経過もマクサと同様であるが，強いて差違を求めるならばガラス板上に於いて仮根がやや長目に発達する傾向が観察された程度である。又2度の培養に於いて発生速度が幾分速い様に感じられたので，次にマクサと同条件下で培養した所放出後3日で成長点が発現し，マクサより略1日早かつた。その培養水温は 26～72°C でこれは後述する様にマクサの発生の最も速い温度である。

（D） ハイテングサ *Gelidium pusillum* (STACKHOUSE) LE JOLIS （第Ⅲ図版）

固着した四分胞子或いは果胞子の直径は普通26～30μ，平均28μ位でマクサとオニクサの中間程度である。淡黄褐色の粒状色素体が散在しており，核の周囲が特に濃厚である。前後3度の培養（何れも5日以内）に於いて分裂型式はマクサと差違が認められなかつたが，基本細胞及び初期の発芽体は稍円味がある様に観察された。併し末端即ち初生仮根の伸出する部位は少しく尖つており，後述のオバクサよりマクサに近い形態である。色素体は黄褐色で培養期間中紅色々素は見られなかつた。なお四分胞子と果胞子では大きさ，発生経過及び速度に相違を認めなかつた。

（E） ヒメテングサ *Gelidium divaricatum* MARTENS （第Ⅲ図版）

固着した四分胞子或いは果胞子の直径は 27～34μ，30μ 前後が最も多く，淡紅を帯びた黄褐

色を呈していて核の周囲が特に濃厚である。放出後数時間で発芽管が伸出し，内容が移行して基本細胞を形成する。この際後述のオバクサに見られる様な色素粒の集合移動は行われないが，基本細胞の形は卵形でオバクサに近似しており，マクサ等上記の諸種の様なコンマ状ではない（3）。従つて第1分裂によつて生ずる大小の2細胞は大きさ・形状共マクサに於ける程の差違はない（4）。しかし発生経過はマクサと同様であり，特に成長点細胞が大きく，多くの場合次位細胞の縦分裂が遅いため頂端に殆んど透明な細胞が2段に重なつて見られる点でマクサと酷似している（8）。なお四分胞子と果胞子で大きさ，発生経過及び速度に相違を認めなかつた。

（F）　オバクサ *Pterocladia tenuis* OKAMURA（第Ⅳ図版）

固着した四分胞子或いは果胞子の直径は21～25μ，平均23μ位で他の種類に較べて余程小さく，紅色々素が散在して核の周囲がやや濃厚である（a）。発生型式は猪野（1947）の言うテングサ型ではあるがマクサ等とは少しく趣きを異にしている。特に興味のある事実として発芽の開始に当つて色素粒が胞子の一端に集合し，その部より発芽管が膨出して，色素粒は絲状に連なり且集束して，真先に発芽管に移行することが挙げられる（b, c_1, c_2）。次に基本細胞がマクサ等の様なコンマ状でなく球形乃至卵形を呈し，従つて第1分裂によつて生ずる2個の細胞の形態・大きさの相違はマクサに於ける程甚だしくはない（e_1, e_2）。更にマクサ等の成長点は著しく大きく，それがすぐ横分裂して略透明な2個の細胞が重なり合うのに対し，オバクサの成長点細胞は小さく，而も次位細胞の縦分裂が速いため2個の透明な細胞が重なることが稀で（j, k, l），発芽体の向きによつては成長点細胞を確認し難い場合が少くない。なお四分胞子と果胞子では大きさ，発生経過及び速度に相違を認めなかつた。

（G）　ユイキリ *Acanthopeltis japonica* OKAMURA（第Ⅴ図版）

本種には他の藻類や海綿其他の動物が多量に附着棲息するのが常である為培養液や附着器が汚れ易く，又雑藻の胞子が混入し勝ちである。それ故予め清浄海水を満たした胞子付け用の容器を数個準備しておいて，母藻の成熟部で雑藻の附着の見当らない所を小さく切り取り，その小葉片をよく洗滌し，前記容器の一つに入れ，1～3時間毎に逐次他の容器に移しつつ胞子の附着を待つた。胞子附着後も初めの3～4日間は特に頻繁に換水を行つて培養した。

固着した四分胞子と果胞子の直径は30μ前後でマクサの胞子に酷似している。発芽体は美麗な鮮紅色を呈し，発生経過はマクサと殆んど異ならないが，仮根はマクサより稍太い様である。また数回の培養に於いて常に f_1, g' の様なやや変則的な形態が常に見られた。この形は他の種にもしばしば見られるものではあるが，本種に於いては出現頻度が特に高かつた。発生速度は上記の諸種に較べて遅く，培養水温26°C位で7日目に成長点を認め得た。なお四分胞子と果胞子では大きさ，発生経過及び速度に相違を認めなかつた。

考察並びに結論

上述テングサ科の3属7種の発生型式は何れも猪野のいうテングサ型に属し，現在迄テングサ目から他の発生型は報告されていない。

オバクサは *Pterocladia* 中その発生が明らかにされた唯一の種であるが，胞子の大きさ，

発芽管伸出時に於ける原形質の移行，基本細胞の形態及び成長点細胞に於いて他の属のものと余程趣きを異にしている。所で猪野（1939, '47）は真正紅藻類の多くの種類について検討した結果「分類学的に下位にあるもの程一般に胞子が小さく，・・・・」と述べている。固よりこれは真正紅藻類全体としての立論であるから一つの目や科だけに適用することは適当でないかも知れないが，仮にこれが許されるならば *Pterocladia* の胞子が特に小さいことから本属の発生型式は *Gelidium*, *Acanthopeltis* に較べて特に原始的なのではないかということも一応考えられる。またオバクサに於ける発芽管伸出時の色素粒の集合移動はテングサ目のみならず他の総ての真正紅藻類に於いて従来全く報告されていない特異の現象である点も注意を要する所である。

以上から結論としてテングサ型の特徴として以下の5点を挙げることが出来る。

1）発芽管を出して特異な形の基本細胞を作る。

2）第1分裂面が基本細胞を不等分割し，原胞子の空殻との境界は常に大細胞の側に存する。

3）仮根が基本細胞の先端，即ち発芽管の伸出方向の端から発出する。

4）成長点が第1分裂に於ける小細胞に由来する細胞塊の一端，仮根の反対側に発現する。

5）発芽体が互に合体することは決してない。

以上の中2）の第1分裂の状態はテングサ型にしか見られない重要な性質である。1）の発芽管の発出は間接隔状型・間接盤状型と同様で，それ故に猪野（1944, '47）はこれら3型の系統的な連なりを想定した。その一面3）4）は上記の2型とは甚だ異なる点であり，5）の合体現象の見られない点とともに寧ろ直立型に近い性質であると見られないこともない。兎に角テングサ型は特に分化を遂げた型式と見られるから，発生型式からテングサ目の起原を推察することは少くも目下の所では不可能である。しかしこの様な特異な発生型式をとるテングサ類が分類学上特殊な位置におかれていることは偶然ではないであろう。

第5章　発芽に及ぼす水温・比重の影響

序　　説

テングサ類の発芽に及ぼす水温の影響に関する報告としては，木下・平野・高橋（1935，'36），木下（1949）がナンブグサ *G. subfastigiatum* OKAMURA の発生適温について室内培養実験を行つた報告があるが，比重其他の外的要因の影響に関する報告は見当らない。テングサ等の真正紅藻類のみならず，一般に多細胞の海藻類に及ぼす外的条件の作用を確実に捉えることは現在の所では至難の様である。その第一の理由として，室内培養では自然海中に比して発生が遅れる許りか，少しく段階が進めば停滞して了うことが挙げられる。つまり室内培養に於いては何らかの未知の条件が発育を阻止しているとみられるから，例えば或特定の要因のみについて段階を設け，他の条件を同一にして培養した結果，与えた条件の或範囲に於いて差が現われなかつたからといつて，その要因はその範囲に於いて発芽に影響しないと結論するわけにはゆかない。他の条件がすべて充分満足されていれば，上の範囲に於いても結果に差が出て来るかも知れないからである。又量的差違が確認された場合でさえも，それをそのまゝ自然海中に適用することは危険である。何故ならばその差違は与えた条件と未知の発育阻止要因との関連によるものかも知れないからである。従つてこの種の実験を行うためには完全な培養の方法を確立することが先決問題であり，現在の所では実験結果は培養方法改善のためには役立ち得ても，それを自然の海中に適用するには慎重な検討を要すると思う。次に第二の理由として与える条件を管理することの困難さが挙げられよう。例えば塩分濃度の異なつた段階で比較培養する場合，人工海水が不完全にしか調整し得ない現在では自然海水を稀釈或は濃縮する外なく，従つて各段階の培養液の栄養，pH に大きな差を生ずることになる。これら特に前者を均等に調整することは至難であろう。一般に条件管理の困難さは海産生物のすべてについて言えることである。

以上の様に現在の所この種の実験は甚だ困難で，厳密な結果を期待することは出来ないが，水温及び比重の発芽に及ぼす影響については増殖或は保護の見地から無視し得ないと考えたので，マクサの四分胞子或は果胞子を材料として，主に1948，'49年夏小湊で，一部を1951，'52年夏吉見で実験した。

実験方法並びに結果

材料としては主に小湊実験場前に繁茂するマクサの四分胞子及び果胞子を用いた。胞子をスライドガラスに附着させ，後種々の条件下で培養し，発生経過・成長度合・枯死率等を観察測定した。先づ全実験に共通する成長度合の測定方法について述べておく。

スライドガラスにカバーガラスをかけて，上向している発芽体を横臥させ，伸長の良好なものを選んで全長（仮根及び原胞子の殻を除いた部分即ち紅色を帯びる部分の長径）を測定した。測定数は成る可く多数，最小限20個とし，測定値の大なるもの5個の平均を以て比較値とした。従つてこの値は最大値に極く近く，それより安定した値である。平均値をとるには多数の個体を無作為にとらなければならず，長時間を要するので発芽体の活力を保持する上に適当

でない。但し上述の測定法では各実験区の発芽体の数に大差がある場合には少い区の全長が過小になつて来る恐れがあるので，始めに胞子を附着させるに当つて供試数を遙かに上廻るスライドガラスを準備し，その中から附着密度の大体近いものを選んで供試材料とした。しかし或実験区の枯死率が特に高くなつて来た場合には，その区の値がやゝ低下して来ることは争えない。なお必要を認めた場合には全長を測つた個体について仮根長をも測定した。

実験の期間については，前章に述べた様に盛夏の候にかいては放出後10日位までは室内培養でも海中育成でも成長度合及び形態に殆んど差がなく，十数日以上では室内培養では著しく遅れて来ることから，1ヶ月以上培養した場合もあるが，初期程重視することにした。

(A) 水温

先ず田内式恒温器で1948年7月末適温試験を行つた。マクサの無性個体1株を約3時間海水に浸漬して，その間に放出した四分胞子を多数のスライドガラスに附着させた。それを24～25°Cで培養した所大部分が健全に発芽したので，基本細胞を形成した頃（第1図版 c_{1-2}）恒温器に収容した。各水槽の水温は次の通りであつた。

水槽番号	1	2	3	4	5	6	7	8
水温範囲 °C	11.8～12.5	15.6～16.2	18.7～19.7	21.5～22.3	24.2～25.1	27.3～28.3	30.4～31.2	33.6～34.9
平均水温 °C	12.1	15.9	19.1	21.8	24.5	27.8	30.9	34.3

試料には枯死率低く，発生段階の揃つているものを選んだ。恒温器を水族館の内部においたので恒温器内は普通の室内より相当暗いが，マクサの棲所（多くの場合干潮線以下10m位まで，どちらかと言えば陰所に多い）から見れば適当と思えた。恒温器内に置くこと満4日でとり上げて検鏡した。

観察の結果は以下の通りで，文中の発生段階の略号は第1図版によるものである。

第1槽（12°C区）。大部分の発芽体は e_{1-2} に当るがd，e_3 を僅かながら認めた。枯死体や畸形的な発芽体は僅かしか見られなかつた。

第2槽（16°C区）。e_{1-2} が多いが d，e_3 も混じ，中に仮根の相当伸長しているものもあつた。枯死体や畸形は僅かであつた。

第3槽（19°C区）。普通 e_3 の状態で仮根が長くなつていたが，e_{1-2} のものも少しく認められた。枯死体・畸形は僅かであつた。

第4槽（22°C区）。普通 e_3 で仮根は第3槽より一般に長く，f に相当するものも若干混じていたが，未だ e_{1-2} 期のものも認められた。枯死体は上と同様少いが，畸形的な発芽体が幾分増加した様に見受けられ，その中に f″ の如き著しい畸形も一・二見られた。

第5槽（24～25°C区）。殆んどすべての発芽体が f～g の状態にあり，仮根が長く伸長していた。枯死体は少かつたが，畸形の出現率・形態は第4槽と略同様と見られた。

第6槽（28°C区）。大多数の発芽体は d～f に至る種々の段階で枯死しており，一部生存しているものも畸形が多かつた。枯死体の一部は全体青変し，大部は紅色を存してはいるが，色素粒が凝集状態を示し，体の一部は青変していた。

第7槽（31°C区）。大部分は e_{1-2} の段階で枯死青変し，僅かに紅色の部分を残しているものも色素粒が凝集状態になつていた。

第8槽（34°C）。c_{1-2} の状態のまゝで全滅したらしく，発芽体の大半が壊頽状態になつて

いた。

以上の適温試験だけから言えば，高温程発生が速く進むが，枯死率や畸形の出現率が高くなり，上の温度区分の中では24～25°Cが発生速度・枯死率の両面から見て最も好適であつたようである。しかしこの第5槽を除いては何れの温度区も，恒温槽に収容した直後に水温の激変に遭遇していたわけであり，その影響は見逃せないと考えたので以下の補足実験を行つた。その一つとして上の実験と併行して6～7月の候3回に亙り四分胞子を培養し，水道水を容器の周囲に流して水温の激変を防いで，放出後10日目の全長を測定した。培養液は同じ容器の自浄海水を使用し，水温を頻繁に測定した。その結果6月13日開始の水温 20.2～21.8°C の場合は52μ，7月9日開始の23.6～26.8°Cの場合は60μ，7月21日開始の25.1～27.2°C の場合は62μとなり，何れの場合も枯死率は低かつた。基本細胞の長径が約40μであることからみて，20～21°C位と24°C以上では発生速度に著しい差があつたことになる。もつとも各水温区は培養時期を異にしていたのであるから水温以外の外的・内的条件にも差があつたわけであるが，上の適温試験と併せて大体26°C以下では水温が低い程発生が遅いことは疑えないと思う。次に始めの適温試験では28°Cは最高限界温度を超える水温であることになるが，1951年9月吉見で四分胞子及び果胞子を約27°Cで放出させ，28°Cに移し，水温調節器を用いて培養した所，発生が迅速であつた許りでなく，一旦発芽したものは余り枯死しないのを見た。上の適温試験の第6槽の場合は24～25°Cで放出させてから28°Cに移しているので，この間の水温の急昇が悪影響を及ぼしたものと見られ，水温の激変がない場合の最高限界温度は28°Cを超えると見てよい様に思う。なお四分胞子と果胞子を同一の容器に容れて比較培養することは何度も実施したが，両者の発生速度に差違を認めたことは全くなかつた。

(B) 比　　重

材料としてはマクサの四分胞子時に果胞子を用いた。自浄海水によく濾過した井水時に雨水を混合して所定の比重の培養液を作つた。又自浄海水を天日で濃縮して特に高鹹な培養液を作つたこともあつた。しかしこれ等の培養液は比重によつて栄養状態が異なることになるので，上の液1000ccに対して0.1gの硝酸ソーダー及び0.02gの燐酸ソーダーを添加して，何れの培養液でも栄養が充分になる様に心掛けた。そして未発芽の胞子，発芽当初のもの，成長点の発現期直前の発芽体という様に作用時期を変えて，幾つかの比重段階の培養液中に容れて，比重の影響の現われを検べた。以上の培養液に於ける比重の相違は塩分濃度ばかりでなくpHの相違をも意味しているので，3度の実験中1つの実験ではpHを等しくし，他の実験と比較検討することにした。なお容器を北側の窓近くに一列に並べ，光線のあたり方をなるべく同じにすることに留意し，又培養水温が好適な時期を選んで実施した。

実験I（1948年7月，於小湊）同じ母藻から放出された四分胞子を数枚のスライドガラスに附着させ，その中3枚を供試した。即ちa）未発芽の中に1枚を低比重区 $\sigma_{15}=8.9$，2枚を対照区 25.5 の海水で3日間比較培養した。b）a）の対照区の胞子が3日を経て成長点発現の直前にあつた時一(第1図版 g1–2)，スライドガラスの1枚をa）と同じ低比重区8.9に移し，23°C前後の水温で比較培養した。その結果 a）に於いては低比重区では全く発芽することなく，1日以内に全滅したが，対照区では大部分順調に発芽した。またb）に於いては低比重区では成長点が発現せず，約半月後には明らかに畸形即ち全体として丸まつた形になつたが，枯死体がふえた様には見えなかつた。これに対して対照区はよく伸長し，18日後の測定では全長

103μとなり，仮根もよく伸びて160～170μ位のものが多く，第2次以下のものも発出していた。

実験 II（1948年7～8月，於小湊） 前実験同様にして得られた四分胞子並びに果胞子で実験した。この実験では胞子の発芽直後即ち発芽管を伸出しつゝあつて，未だ基本細胞を形成しない段階から所定の比重を与えたことと，比重区を多くした点が前実験と異なつている。そして 24～25°C 前後の水温で培養し，時々とり上げて観察した。比重区分は次の通りであつた。

水槽番号	1	2	3	4	5	6	7	8
比重（於15°C） σ_{15}=	0.1	4.0	7.5	10.5	14.0	17.5	23.0	26.0

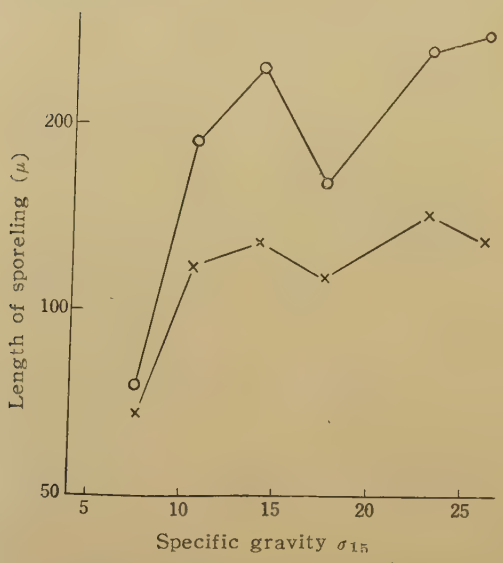


Fig. 26. Relation between the growth of the sporelings of *G. Amansii* and the specific gravity of the culture solution; the experiment was started at the stage of the germ tube pushed out. Crosses indicate sporeling cultured for 17 days, and circles the same for 31 days.

その結果両胞子共 σ=0.1 のものは20時間以内に，4.0のものは3日以内に全滅したが，第3槽以下即ち7.5以上では何れも枯死率が低く四分胞子に於ける放出後17日目及び31日目の全長と比重の関係は第26図の通りとなつた。果胞子については附着数が少かつたので測定しなかつたが，各区の標準的なもの輪郭を描画器で写したので第27図に掲げる。

上の結果をまとめると，発芽直後から種々の比重においた場合（1）枯死率は 7.5 以上では大差が認められないが，σ=4.0以下では生存し得ない。（2）伸長度は 7.5 では著しく低いが10.5以上では大差が認められない。但し10.5，14.0では大きさの割に細胞数が少く且色が悪い様に見受けた。（3）仮根の伸びと発出数は比重に対して極めて敏感で，14.0以下では伸びがとまり，また第2次仮根が発生しない。

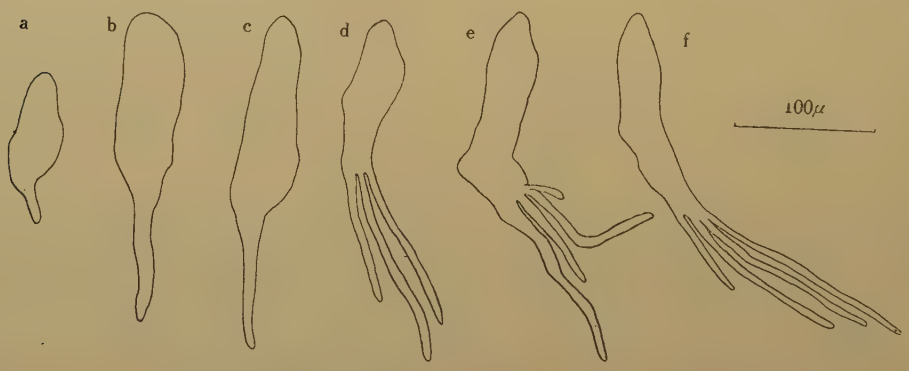


Fig. 27. Outline sketch of the sporelings of *G. Amansii* cultured for 17 days in the varied specific gravities ; the experiment was started at the stage of the germ tube pushed out. a. σ_{15}=7.5; b. 10.5; c. 14.0; d. 17.5; e. 23.0; f. 26.0.

実験 III（1952年7～8月，於吉見）果胞子を放出後2日間培養し，実験Ⅰ－b）と同様成長点発現直前まで発生した時，第4表の比重区に分別し，水温24～28°C（平均26.5°C）で培養した。この実験ではpHを8.2～8.3に調整した。分別後の全長，仮根並びに枯死率を頻繁に測定した結果を第4表に掲げる。

Table 4. Effect of specific gravity of culture solution to the growth and the rate of survival of sporelings of *G. Amansii*. The laboratory experiment was started at the stage of the plant with the primary apical cell.

		Specific gravity at 15°C				
		1.0067	1.0103	1.0127	1.0254	1.0350
Rate of survival	Starting day of experiment	100%	100%	100%	100%	100%
	After 3 days	48	91	91	87	99
	After 12 days	13	76	69	81	66
Length of sporeling†	Starting day of experiment	45 μ	45 μ	45 μ	45 μ	45 μ
	After 3 days	48	51	47	48	50
	After 6 days	65	72	54	54	58
	After 12 days	84	110	78	78	93
Length of rhizoid (mode)	Starting day of experiment	90 μ	90 μ	90 μ	90 μ	90 μ
	After 3 days	90	100	120	120	250
	After 12 days	105	110	130	130	250

† Mean was obtained on the largest 5 individuals among others.

結果をまとめると，（1）生存率は σ=6.7では著しく低いが，10.3以上では大して違わなかつた。35という異常な高比重では始めの中は極めて健全であつたが，後枯死率がやや高くなつた。（2）発芽体の伸長は6.7以上では明らかな傾向を示さなかつたが，仮根長は敏感に影響され，低比重では伸長が停滞したが，35で異常な伸びを示したことは興味深い。

自然の海水に於いても，比重の相違は主に塩分濃度の差であるが，pHもそれに伴つて相違している。この両者の作用を分離してみること及び発生段階による比重の影響の差違を明らかにすることに重点をおいて実験Ⅰ～III を比較検討すると一応以下の様になると思う。1）比重の影響が胞子の種類によつては違うことはないらしい。2）胞子又は発芽体を短時日で枯死させる低比重の限界はその作用を受ける発生段階によつて相当違つている。即ち放出後間もない未発芽の胞子では σ=8.9以上に限界がある（実験Ⅰ）のに対して，発芽後では4.0～7.5の間に限界があり（実験II及びIII），未発芽胞子の方が低比重に対する抵抗力が弱いらしい。致死因子としてpHは無視できないであろうが，相当発生の進んでいるものでも6.7ではpHを適度に保つても枯死率が高いこと（実験III）から見て，低い場合濃度はそれだけでも致死因子になるらしい。3）伸長を抑制する低比重の限界は発芽当初のものに於いては7.5～10.5の間にあつた（実験II）。また成長点出現直前の発芽体に於いて，pHを適度に保持した場合には比重6.7でも伸長は阻害されなかつたが（実験III），その処置を講じなかつた場合に8.9

でも阻害された（実験Ⅰ）ことからみて，伸長を抑制した因子はpHであつたらしい。なお10.5以上の比重ではpHの如何に拘らず，伸長度との間に一定の傾向が現われなかつた。4）仮根の伸出は比重に対して極めて敏感に反応する。即ち低比重程仮根の発出・伸長が阻害され，実験Ⅲに於ける35と云う極端な高比重では仮根の異常な伸長が見られた。そしてpHを適度に保持すると否とに関係なく低比重では仮根の発出・伸長が阻害される故，仮根に及ぼす比重の影響は塩分濃度のそれであると言える。

考察並びに結論

以上の実験では前述の様に，影響を調査するべき要因以外の条件が充分満足されているわけではないから，得られた結果をそのまゝ自然海中のマクサにあてはめることは危険である。しかし水温の場合，高温程発生が速いことは確かであるから，初期発生に関係する諸要因の中水温が極めて重要な因子であることは疑えない。水温の最高致死限界は上の実験及び他の多くの培養の経験から28～29°C附近にあるとみられるが，これは勿論急激な変化がない場合のことであり，又発生の段階や他の条件の如何によつても変るであろう。最適温度としては発生が迅速で且枯死する危険がないことから25°C前後と見られる。なお木下（1949）はナンブグサの初期発生と水温との関係について「ナンブグサの四分胞子の発生適温範囲は15～25°C，最適温は21°C内外であり，果胞子の適温範囲は10～20°C，適温は13～20°Cの範囲で，最適温と認められるのは16°C内外である」と報じているが，マクサの場合四分胞子と果胞子で水温の影響に特に差違を認め難い。

次に比重の場合，1.01以上の比重では発芽体の成長に明らかな差違をもたらさなかつた。しかしそれだからと言つてこの範囲では比重は発芽体の成長に関係がないと言い切ることは出来ない。何故ならば，この範囲では室内の培養に於ける特殊の要因が発芽体の成長を阻んでいたかも知れないし，培養液に栄養上の差もあるからである。この範囲でも比重の変化に伴つて仮根の伸出には顕著な差が見られた。それ故仮根の伸出については比重は重要な要因であると見做してよいであろう。又枯死率は或比重以下では急激に大きくなり，従つてその境界を捉えることは困難でない。それ故低比重に対する抵抗性が発生が進む程強くなるという結果は認めてよいと思われる。

第6章　発芽後の成長

序　　説

成長点を生じた発芽体のその後の発育について，大野（1932）はマクサを室内培養して「成長点即ち頂端細胞の分裂伸長によつて匍匐絲状の体となり，所謂座を形成し，この座の諸所よりテングサの本体を発出する」と報じた。この説はその後長く一般に信じられ，著者等(1943)もこれに賛成意見を述べたことがある。然るにその一人殖田は1942年夏海中育成実験によつて発芽体がその儘直立体になつたものを見出した（殖田・片田1949)。そして1944年高松が「マクサの最初の芽胞体* は決して成長して本体となることなく，側枝が本体となるが，発育条件不良の場合には側枝は水平の位置をとつて匍匐枝となる」と報ずるに及んで，著者は一層精密な研究の要を認め，1948年6月以降1949年末に至る間小湊実験場に於いて長期間の室内培養，海中育成，自生体の観察によつてマクサの発芽体の発育過程を究明し，更にオバクサのそれについても明らかにすることが出来たが，更に1950年以降は吉見附近の岩礁で自生体の観察と投石実験を行つて前研究の欠を補つた。また上の実験の傍ら発育を阻害する二・三の要因についても観察を行つた。

実　験　方　法

小湊に於ける実験：室内培養としては前章同様止水と流水により主にスライドガラス上に於いて約6ケ月余続行したがこれでは正常な発育過程を捉えられなかつた。ただ止水培養と流水培養では後者の方が幾分発生が進むことを認めただけである。海中育成としては先ず室内に於いてスライドガラス，疊りガラス，石片，貝殻，瓦片，ゴム管等にマクサ及びオバクサの胞子を附着させて海中諸所に設置したが，時化や雑藻の繁茂，砂泥の堆積等のためやゝ長期に亘つて観察し得たものはオバクサのみでマクサでは殆んど失敗した。そこでマクサに関しては水族館の排水口に近く，干潮時その排出海水の流入する位置を選んで干潮線附近の岩盤に適当な人工タイドプールを造成し，その中にマクサの胞子を付けた上記附着器を直射日光を避ける様につり下げ，時々とり上げて観察した。その場合にも腹足類の喰害のため長期間に亘つて完全体で保たれたものはなかつた。しかしそのタイドプールの側壁に多数の幼体が密生したので定期的に採取して観察し，更にマクサの群叢中に数個の人工石を投入し，それから多数の幼体を採取して観察した。

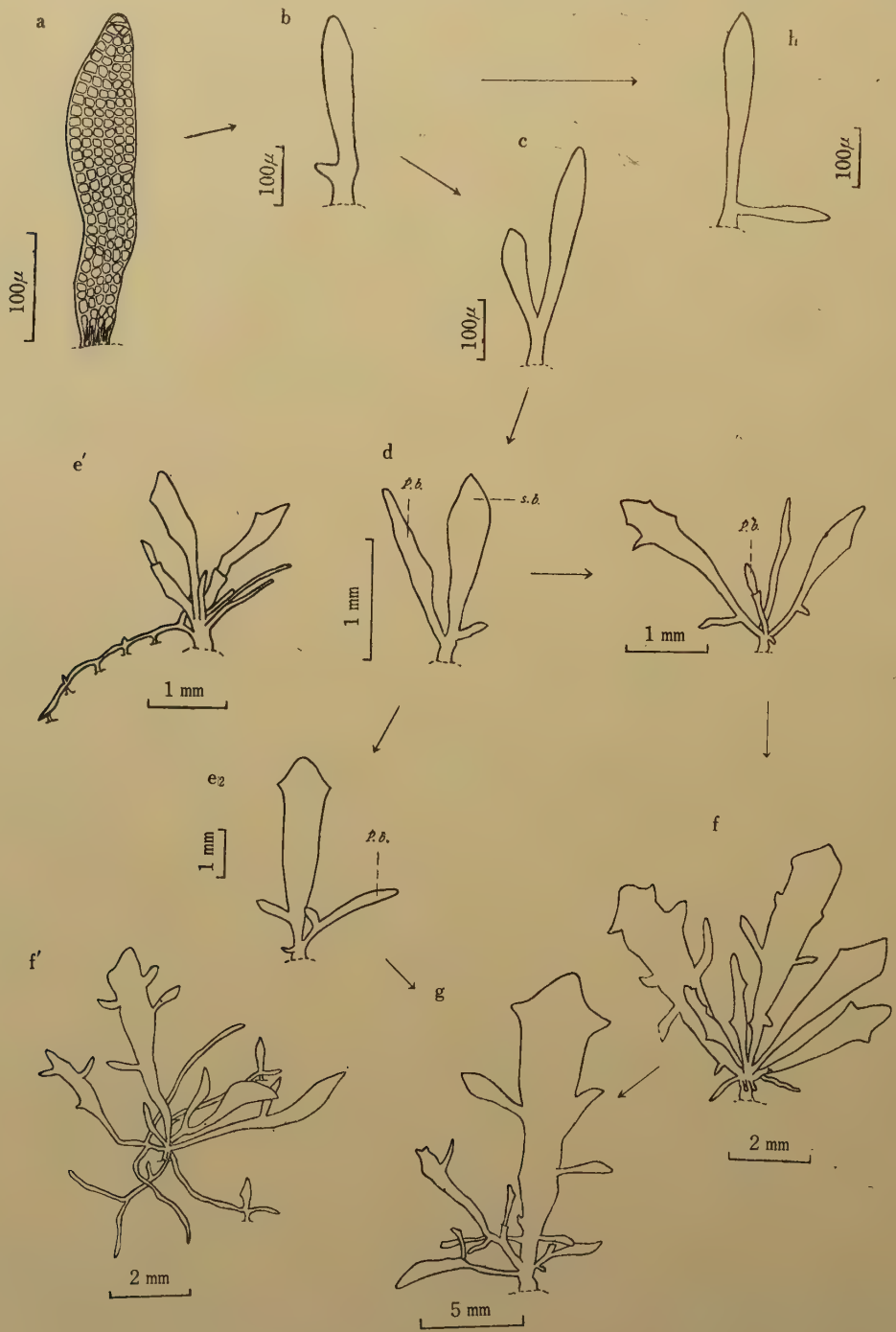
吉見に於ける実験：発育過程は小湊の調査で殆んど明らかにすることが出来たが，吉見に於いても自生体を採集し，地域差があるか否かを検べた。又9月コンクリート盤に母藻をつけて設置し，12月及び3月にとり上げて観察した。以上の外砂泥の害について特殊な実験を行つたが，これについては後述する。

実　験　結　果

* 本報告に於ては発芽体と称する。

（A） マクサの成長過程

胞子が着生してから海中で3週間位経過すると石の上でも1個体を肉眼で辛うじて認められる位に成長する。 1例を示せば海中育成22日目で長径370μ，短径60μ（仮根を除く）に達し



たものがあり，一般に海中にあること3週間で体長200～300μになるのが普通である。体は基盤の面が如何なる向きになつていてもそれに対して略垂直になるのが原則で，基部附近の細胞はそれが前述の大細胞塊に由来すると小細胞塊に由来するとに関係なく，紅色が薄れていて1本宛の仮根を発し，それ等は相互に束状に結合して基盤に強固に附着している（第28図 a）。

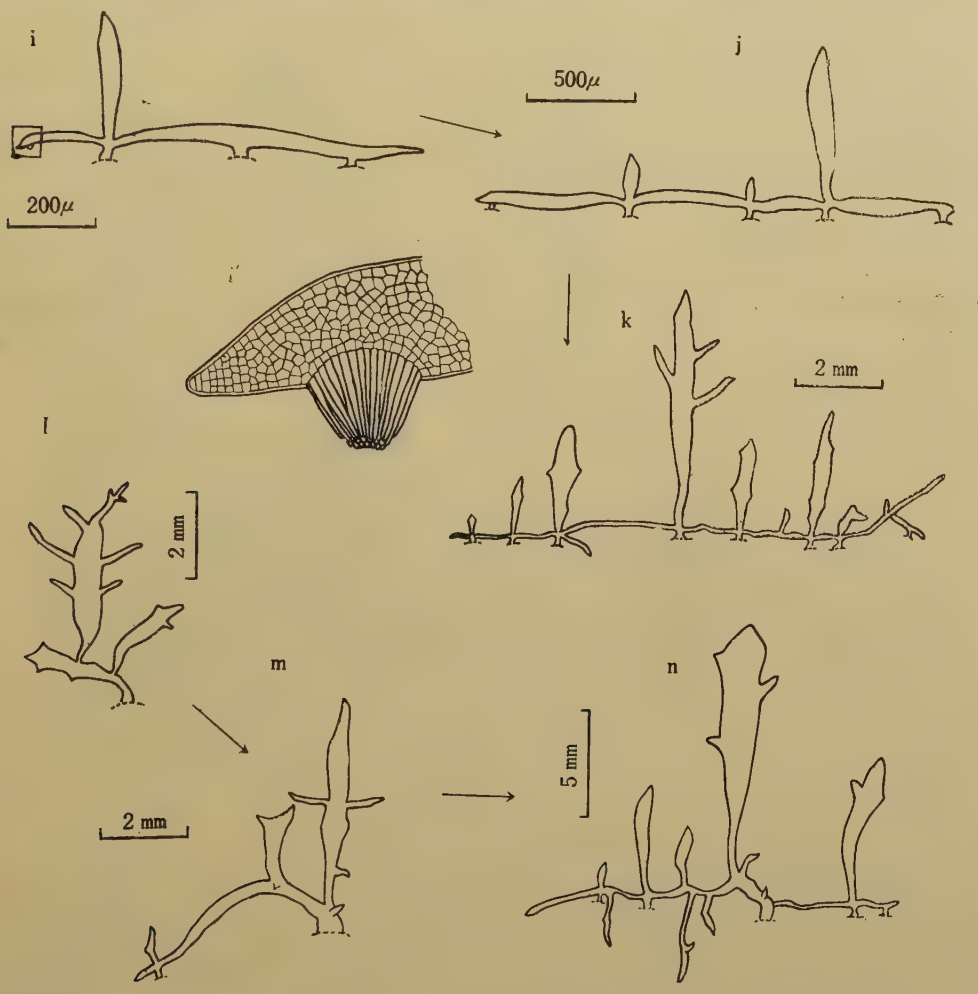


Fig. 28. Post-embryonic development of *G. Amansii* depicting the process of erectile type from c to g, and stolonate type from h to k. p.b. Primary branch; s.b. Secondary branch.

発芽体は普通200～300μ位，時に1 mm位まで伸長してから第2次の芽を基部，時にそのやゝ上方から発出する（b）が，その側出芽が基面に垂直に近い角度で伸長する場合と基面に平行に出る場合で爾後暫くの間発育過程が著しく相違して来る。垂直方向に伸長する場合は直立枝が旺盛に成長し，匍匐枝は一般に遅れて発出するが，基面に沿つて出る場合は匍匐枝がよく伸びて直立枝の伸長は非常に遅れる。

先ず側生芽が垂直方向に伸長する場合（c），それは幅広く葉状になり，高松（1944）が指

摘した通り第1次の発芽枝を凌駕して旺盛に成長する（d）。続いて第3次以下の芽が頻繁に出れば e_1, f の様な叢生直立体になるが，主枝になる芽は大抵これらの中の1～2本である（g）。第3次以下の芽の発出或いは伸長が遅れて e_2 の様に第2次の芽が長大になるものも少くない。小湊に於いては e_1 の形が多かつたが，吉見では e_2 の方が多かつた。以上はマクサの最も順調な発育過程であると思われるが，爾後この経過を便宜上直立型と呼んでおくことにする。この過程を経て成長した若い植物を第29図 a に示す。

次に第2次の芽が基面に沿つて出る場合（h），側生芽の先端部下側から束状に結合した仮根が一斉に下降して（i′）基盤に固着して匍匐枝になり（i），主に仮根の直上部から直立芽を崩発する（j）。この直立芽の伸長は始めの中は遅くて，匍匐枝が秋から冬にかけてすみやかに岩面上に拡がつて所謂匍匐蔓となり，直立芽が目立つて伸び始めるのは早いもので1～2月頃からである。匍匐枝にはその有する直立芽の殆んど全部が旺盛に伸長する強勢のもの（k）から何時までも匍匐枝の状態に止まつている弱勢のものまで見られる。この場合匍匐枝の太く旺盛なもの程直立芽の伸び始める時期が早い傾向が認められる。この様に一旦匍匐枝を形成した後それから主枝が成長する場合の発育過程を便宜上匍匐型と仮称する。この過程をとつた旺盛な若い植物を第29図 b に示す。

Fig. 29. Young plants of *G. Amansii* developed by the erectile type (a) and the stolonate type (b).

直立型と匍匐型の中間に当る形に e′, f′ 等が見出されたが，この様な中間型は概して少く余り強勢でないのが普通である。12月頃の幼植物が大部分上の2型式の何れかに属することは興味深い。その後直立型的な発育過程をとつたものも基部から新たに匍匐枝を多数出して，それから新直立枝を発するし，匍匐型をとつたものでも一部の直立枝だけがよく伸長する場合が多いので次第に両者を区別し難くなる。なお稀に側生芽が伸々出ず，第1次発芽枝が葉状となつて相当な大きさになる場合もあるが，この場合も第1次発芽枝がそのまゝ主枝となることは決してないらしく，側枝の中の1～2本が特によく伸びて主枝となり，始めの発芽枝の伸長は停滞して匍匐枝を伸ばすことが多い（l, m, n）。

室内培養の結果について述べると，初期に於いて仮根の発出が海中に於けるより遙かに少く，而も消失していく傾向がある（第30図 a）。次に体の伸長方向は略直上するもの，斜上或は匍匐するもの等様々であるが，培養2ヶ月位の中は上向しようとする傾向が認められる。また著しい特徴として大細胞塊が肥大して水平に拡がり，盤状になる場合が多い（b_1, b_2）。この様な基部の形成法は極めて合理的に思えたが，結局ガラス板上の特殊な適応形態らしく，自然の

海中では上述の通りであつた。第1次発芽枝は少しく伸長すれば多くは傾臥して了う。そして上記盤状の基部から1～3本の側芽を発するものが多い。側芽の数は流水培養より止水培養で多かつた（第30図 b_2, b_3, c, d）。又2～3ヶ月以上培養すれば基部以外の諸所から側枝を発して分岐体となるものが出て来るが，これは多く流水培養のものであつた。この場合側枝の成長はその軸より余程速いことが認められた（e_1, e_2）。

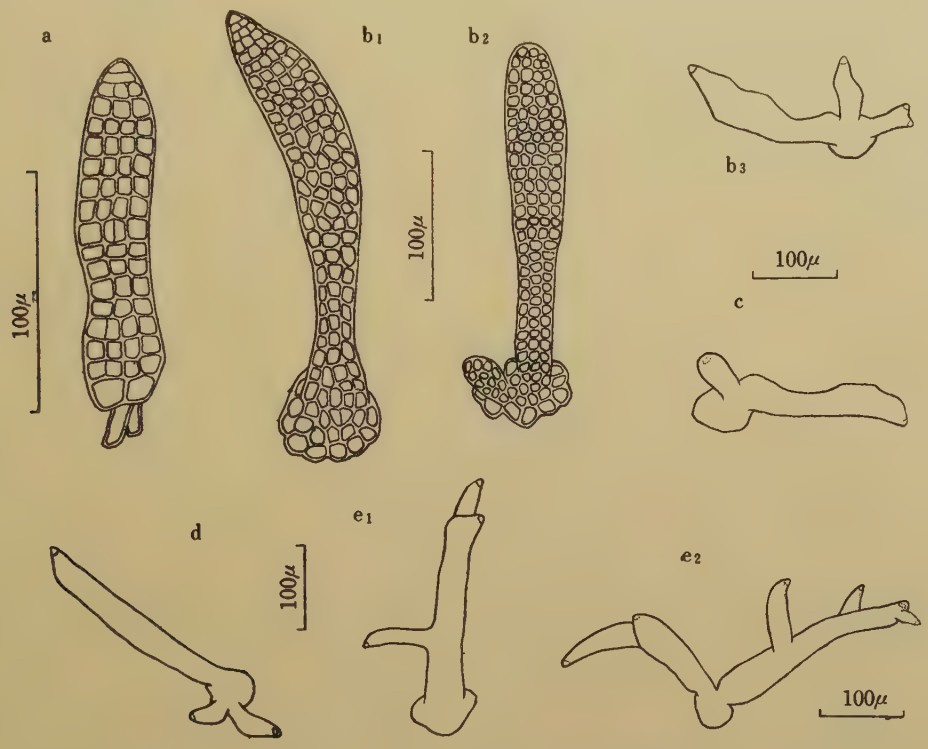


Fig. 30. Young plants of *G. Amansii* cultured in laboratory. a. Cultured in still water for 20 days; b_{1-3}. The same for 45 days; c. The same for about 3 months; d. The same for about 6 months; e_{1-2}. Cultured in running water for about 6 months.

Table 5. Monthly growth of the frond of *G. Amansii* which was specially marked. An observation in natural water.

Date	Length of frond
Nov. 16, 1948	6 mm
Dec. 28, 1948	7
Jan. 11, 1949	14
Feb. 8, 1949	27
Mar. 17, 1949	61
April 16, 1949	81

最後に第1年度の成熟期に入るまでの伸長度合を測つているので附記する。小湊に於いて8月マクサの群叢中にコンクリート盤を投入し，そこに生じた特定の幼体の直立枝を測定した。最も伸長の速かつたものを第5表に示す。外に5月に投入したものがあり，それでは生じた幼体が少かつたが，10月22日に測定して最大13mmという値を得た。更に殖田氏から受けた資料によれば，7月中旬胞子付けして海中で育成したものは11月上旬に最大18mm，普通10mm，翌年4月には概略70mm揃いであつた。これ

等によればマクサは初年度の夏秋には伸長が緩慢で，伸長盛期は翌年2～3月であると認められる。

（B） オバクサの成長過程

海中で育成した発芽体は基盤に対して垂直に伸長し，300μ位になると基部から第2次の芽が発出する（第31図 a，b）。側生芽は必ず基盤の面に沿つて伸長して（c），束状仮根を発出する。又遅かれ早かれ第3次の芽が普通第2次の芽の反対側より出てこれも匍匐枝となる（d—g）。その後盛んに匍匐枝が伸長分岐して岩面に拡がるが（h），その頃には腹足類の喰害や雑藻の被覆等のため完全体を得ることが出来なくなつた。しかし以上から本種が常にマクサの匍匐型と同様の経過をとり，直立型の様な経過はとらないと考えられる。

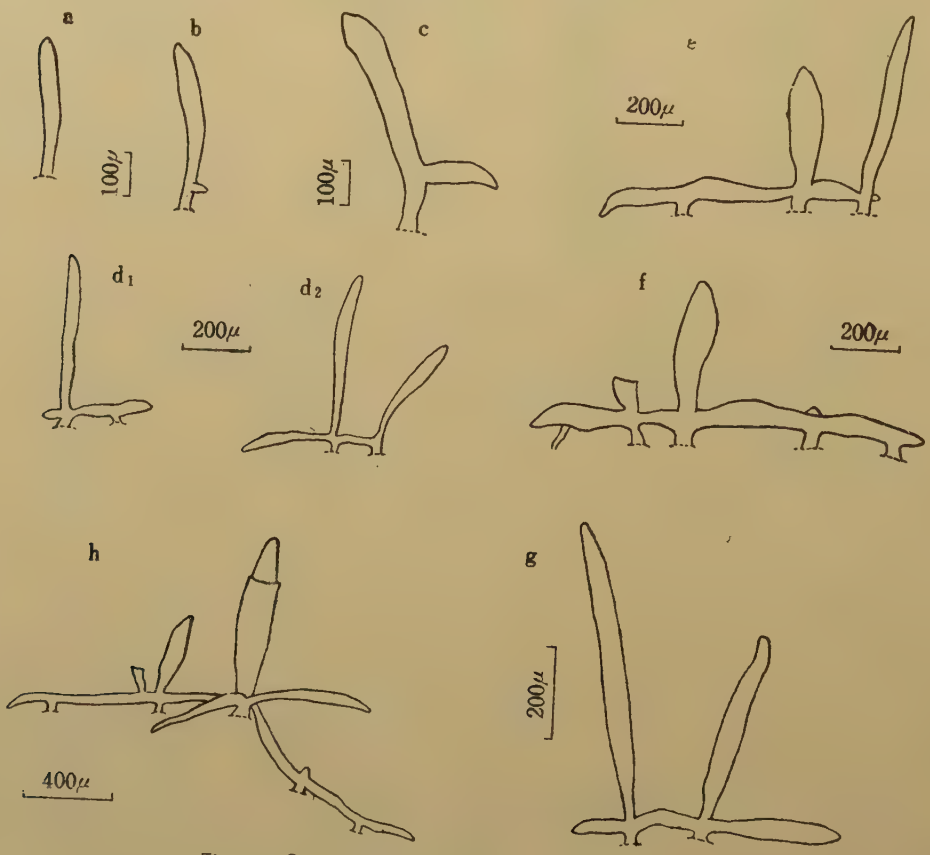


Fig. 31. Post-embryonal development of *P. tenuis*.

マクサとオバクサの幼体の識別は第2次の芽の発現当初位迄は困難であるが，その後に於いては容易である。即ちオバクサの匍匐枝は上から見ると幅が広く，扁圧しているが，マクサでは円柱状である。第2次の直立枝は既に成体の特徴を示して，オバクサは光沢なく扁平，先端丸く，マクサは光沢に富んで，やゝ厚く，先端は幾分尖つている。側枝を発出する頃になると識別は極めて容易で，オバクサの側枝は細く，やや間隔をおいて規則正しく対生するが，マクサのは既して太く，やゝ不規則に対生する。又オバクサでは縁線が真直ぐであるが，マクサで

はやゝ彎曲する（第32図）。

（C） 発育を阻害する二・三の要因

前述の海中育成実験其他に於いてテングサ類特にマクサの発芽・成長を阻害する二・三の要因について折に触れて観察し，時に実験も行つたので，計画的な研究ではないが得られた所見を附記する。

腹足類の喰害

前述の通り小湊に於いて海中で育成中のテングサ類の幼体は藻食性の巻貝類によつて甚だしい喰害を受けた。発芽後1ヶ月程度の微小な幼体は全体を哺食され，少しく大きくなつた直立枝では諸所に大小の喰痕が見られるのが普通であり，匍匐枝も大抵切断されて了う。前述の人工タイドプールの壁面に発現した幼体の密度は始めの中は底面の方が側面に於けるより高かつたが，底のものは殆んど喰い尽され，側面のものが残つて，成長するに及んで密生状態となつた。この傾向は浅所に入れたコンクリート盤にも認められ，概して水平面は垂直面より喰害を被り易い様に見受けた。またタイドプールにつり下げた胞子付けした小基物に於いては表面の平滑なものは凹凸に富むものより喰害を受け易いことが観察された。

Fig. 32. Outline sketch of the typical young fronds of *G. Amansii* (G) and comparing with *P. tenuis* (P).

害敵と見るべき種類を検べるため，1949年4～6月の間小湊に於いて3回に亘つて採集を行つた。即ち2～3貫位の転石の中マクサ又はオバクサが着生藻の大部分を占めているものを選び，海中で素速く布袋に入れ，そこに入つた腹足類を全部採取した。それらの標本を水産講習所網尾勝氏の援助を得て調査した。

その結果確実に藻食性と見られる種類の中数に於いて約65%をチグサガイ *Cantharidus japonica* (A. ADAMS) が占め，他の種ではサンショウガイ，ベニバイが多く，ゴビトウラウズ，チビアシヤガイ，サザエも少くなかつた。チグサガイは吉見のテングサ群落にも多く，また金丸（1932）が伊豆白浜でテングサについて揚る貝類の中で目につくものとしている所からみて，テングサ群落にはその深浅を問わず多いものではなかろうか。

或程度成長したテングサでは喰害を受けても枯死することはなく，多くの場合傷痕部から再生直立枝を発出する故，喰害は殆んどとるに足りないであろうが，微少な幼芽期に全体を哺食されて消耗する率は相当大きいであろう。

微小藻類による被覆

前記の育成実験中の基面にテングサ類に混じて微少な種々の緑藻類及び紅藻類のクモノスヒメゴケ *Herposiphonia tenella* (C. AG.) NAEGELI. が発現し，そこに寄り集つた砂泥と共にテングサ幼体を薄く被覆して，そのためマクサ及びオバクサの幼体が繊化及び黄化の状態になつた例を数度認めた。極端な黄繊化体を第33図に示した。これは恐らく光線不足と栄養不良

に原因するのではないかと思う。この様な状態や類似の状態になつたものは雑藻，砂泥を除いても正常化することはなく，遅かれ早かれ流失して了うらしい。この現象はさして頻繁にはみられなかつたが，幼芽期に於ける他種間抗争の一断面を示すものと思われる。

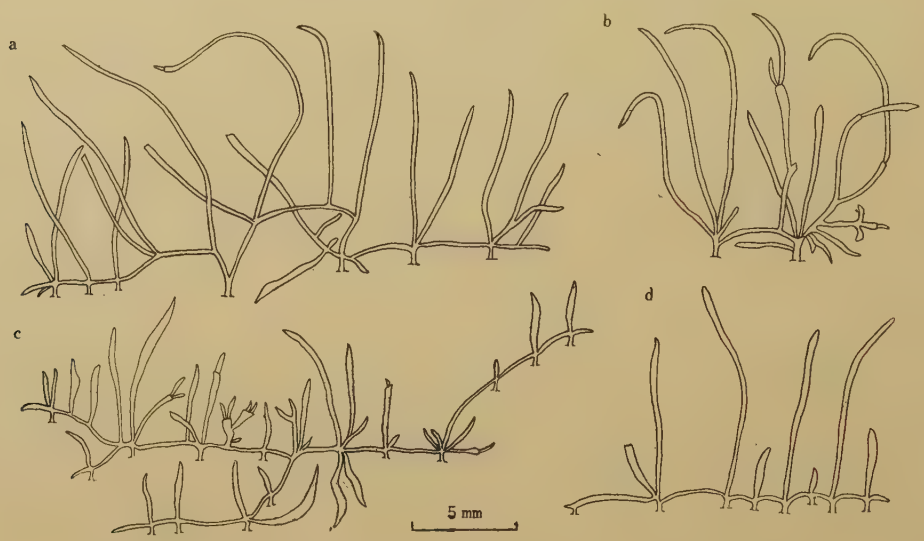


Fig. 33. Young plants of *G. Amansii* (a,b,c) and *P. tenuis* (d) damaged by covering of other small algae.

砂泥による被覆

観察　前記の育成実験中，海底に設置したコンクリート盤等の全面から多数の発芽をみても，時化の後に砂泥が基物の上面に堆積して，幼体が全滅することが極めて多かつた。この場合垂直面には殆んど堆積しないので，そこの幼体は被害を受けることなくよく成長した。そして上面からはアオサ，アオノリ及び小形のシホグサの1種が発現した。同じ場所の天然の石にはその上面にもマクサ及びオバクサが相当多量見られ，これらは砂泥に被われても短期間では大して被害がないらしく，その下層には砂泥が少いので，幼芽も被害が軽い様に見受けた。

次に下関市伊崎町地先のテングサ及びワカメの漁場を1953年6月調査し，相当広い地域に亘つて下記の様な状況を観察した。

砂泥の海底から凸出した高さ約1m以上の大きな転石上にはマクサ始めマツノリ，オキツノリ，有節サンゴモ類等数種の多年生と思われる海藻がモザイック状に混生しているが，数十cm以下の高さの転石にはアオサ及びウミウチワの類が被覆している。この群落組成の著しい相違は砂泥の量と関係がある様にみえる。なおこの様な状態は敢てこの場所に限らず，しばしばみる所である。

実験　上の観察から軟かい砂泥地に於いても海底から隔たる程砂泥の害は少くなるであろうと考えられたので，これを実際に確かめるため，以下の実験を1951年秋吉見で行つた。

目的にかなつた実験場所として湾内の底質が砂泥で，少し時化ても浮泥のため海水が著しく混濁する潮通しの悪い場所を選んだ（第1図b地点）。試料としてマクサの幼体を用いたかつたが，入手困難であつたので成体の切片を用い，切口に於ける再生芽の発出の有無を被害程度の判定材料とした。即ちマクサを 4～5 cm に細断し，細い繩に等間隔に挟んだものを幹綱に巻

きつけ，細片相互の間隔が約10cmになる様にして，下端に碇を上端に浮子をつけて定置した。水深が大干潮線下約3m20cmと見られたので，碇から浮子までの長さを3mにした。9月18日から10月18日及び10月18日から11月19日までの2回同様の実験を行つた。そして細片に於ける浮泥の附着状態，細片主枝の両端の切口に於ける再生した枝部及び根部の有無を調査した。

その結果両回とも浮泥が著しく附着し，それは海底に近ずく程甚だしく，底部の細片は全く泥に包まれて，部分的に腐敗していた。泥をよく洗い流して再生芽の有無を調べた結果を第6表に示す。これによれば細片の主枝の上端切口に於ける枝部再生の度合は海底から約1m50cm以下では著しく低くなつており，特に海底から50cm位の底部では殆んど再生していない。一方主枝の下端に於ける根部の再生度合は底部に於いても著しい低下はない。根部が枝部より砂泥に対して強いことは極めて当然であろう。

以上の観察並びに実験の結果から主にマクサと砂泥の関係については大体次の様に言えよう。

1）幼体は成体より砂泥の害を受け易い。

2）直立枝は匍匐枝より砂泥に弱い。

3）垂直の岩面では砂泥の害を受けることが少い。

4）砂泥の害は海底から離れる程減少する。

5）砂泥を被る角石では先づ側面から群落が発達するが，その後次第に上面にも拡がつて行くことがあり得るであろう。

兎に角砂泥の害は軽視できないものがあり，投石事業に当つては石が埋没しなければよいという程度の関心では心細いと言わなければならない。

Table 6. The regrowth of *G. Amansii* in the varied depth of water from upper-layer to the bottom, tested in an inlet water with muddy bottom. The pieces of fronds were tied in varied depth to a china-hemp rope hung vertically in the water. The regrowth of branch and root was indicated by plus sign and the reverse by minus sign.

Heights above bottom	Regrowth of branch		Regrowth of root	
2.9 m	+	−	−	+
2.8	+	−	+	+
2.7	+	+	+	−
2.6	+	−	−	−
2.5	+	+	+	+
2.4	−	+	+	+
2.3	−	+	+	+
2.2	+	−	−	+
2.1	+	+	+	+
2.0	+	−	+	+
1.9	−	+	−	+
1.8	+	+	+	+
1.7	+	+	+	+
1.6	+	−	+	+
1.5	−	+	+	+
1.4	+	−	+	−
1.3	−	−	+	+
1.2	+	−	+	−
1.1	+	+	−	+
1.0	−	−	+	−
0.9	+	+	+	+
0.8	−	−	−	+
0.7	−	−	+	+
0.6	+	−	−	−
0.5	−	+	−	+
0.4	−	−	−	−
0.3	−	−	+	+
0.2	−	−	+	−
0.1	−	−	+	+

考察

大野（1932）はマクサの発芽体は培養器中では直立せず，始めから横臥して伸長分岐し，下側諸所から仮根を発出して所謂蘖を形成し，この蘖から直立部が発生するのであろうと推察した。著者の実験でも室内培養では発芽体が始めから横臥していることが少くなく，その下側から不規則な仮根様の柔細胞が散発したことも稀でないが，これは培養体が繊弱で直立に耐え得ずに倒臥し，その後多分ガラス面の接触刺激によつて仮根を発したものではないかと考えている。海中育成の結果では最初の発芽体は殆んど必ず直立するのであつて，高松（1944）の所説が正しい。著者はこの事実をマクサのみならず，オバクサに於いても又ヒメテングサに於いても確認している。

次に高松は「マクサの匍匐枝を有する芽胞体は甚だしく弱小であるのに反し，側生芽を出す芽胞体は長く太く発育旺盛である」と述べ，「テングサ体の正常な発育は側生芽の成長するものと見て差支えなかろう」と言つている。著者の観察でも一般に直立型には旺盛なものが多く，匍匐型には弱小なものが多かつたが，太い匍匐枝から多数の旺盛な直立枝を伸出したものも決して少くないし，その反面直立型でも極めて弱勢なものをしばしば認めている。直立枝の伸長が旺盛になる時期は直立型の場合の方がより早い。これからみて直立型は匍匐型より順調な過程であるらしいが，匍匐型でも直立枝がよく密生することから異常とみることは当らないであろう。要するに環境条件によつて二つの過程の一つをとるのであつて，始めの発芽枝から側生芽が発生する頃までの何らかの外的条件が直接若しくは間接に側生芽の伸長方向を決定し，これが上述の2型式を生ずる動機になつているのではないかと推察する。

高松は上に続けて「ただ発育条件不良の場合に於いてのみ斯る匍匐枝を出し*，蘖を形成した後にテングサの本体が発生するのではなかろうか」と言い，なおまた「なお蘖の形成は芽胞体より側生芽が発生する場合に不良環境にあればその個体がその後良環境に入るとしても蘖の形成を継続するものと考える」とも述べている。蘖の形成後本体が発生するであろうと推察しながら，良環境下に入るとしても蘖の形成を継続するとみていることは一見予盾している様であるが，これは特に間違つてはいないと思う。即ち環境条件は一応別として一般に匍匐枝の形成が相当長く続けられた後，主枝となる直立枝が伸長するからである。恐らく高松は匍匐枝の形成が相当長く続けられる所までは観察したが，それから主枝になる直立枝が伸長する所までは確認しなかつたため，上記の記述になつたのであろうと思えるが，匍匐枝から本体となるべき直立枝が伸長するという推察は当つている。不良環境下に匍匐型をとつたものが良環境に入るとしても蘖の形成を継続するという見解に対しては著者は次の様に考えている。甚だ繊弱な匍匐枝は仲々直立枝が伸長せず，太い匍匐枝程伸長し易いことからみて，直立枝が匍匐枝から伸びるためには匍匐枝そのものが或程度以上旺盛でなければならないのであろう。従つて繊弱な匍匐枝は良環境下に入つても直ちに直立枝を発出し得るものでなく，匍匐枝が強く旺盛になるための期間が必要なのであると思う。なお直立枝を伸出し得る匍匐枝の旺盛さの程度は直立枝の伸長に対する外的条件の如何によつて差があると考える。

---

* 高松は発芽体をして匍匐型をとらせる不良条件として無節サンゴモ類による被覆を強調している。著者はこの説に対して否定的な実験結果を得ているが，緒言にも述べた通りサンゴモ類に関しては別に報告する予定である。

次に直立型と匍匐型が外的条件によつて生ずるのでなく，胞子の種類によつて違うのではないかということも一応は考えられることであるが，著者の観察では否定的である。この両者は普通相混じて見出されるが，岩面の稜角部では直立型が多く，急斜面では匍匐型が多い傾向があり，又下向きの面に着生している場合は匍匐型のみとなり，棲所によつて出現頻度に差があることが認められ，更に一般に外洋性の場所では直立型が多く，内湾がかつた場所では匍匐型が多いことも観察されるので，恐らく四分胞子・果胞子の別によつて成形過程が違うのではないと思う。

オバクサに於いては匍匐型のみがあつて直立型は認められなかつた。ハイテングサも成体の形状からみて匍匐型の過程をとるであろうことは疑えない。他の大型のテングサ類では精査していないが，オニブサでは僅かであるが自生幼体を採取して検べ，マクサと略同様の過程をとるらしいことをみている。ユイキリでは絲状根はあるが，特に匍匐枝をもたない故直立型のみか，若しかすると始めの発芽枝がそのまゝ主枝に成長するのかも知れない。なおハイテングサ同様非産業種であるが，ヒメテングサについても若干成形過程を追究した。これも最初の発芽枝は直立して行くが，その後の状態は詳かにし得なかつた。しかしこの種では成体をみてもわかる通り，匍匐枝と直立枝の分化が殆んどない故，あいまいな過程を踏むものと察せられる。

結　　論

1）マクサの成形過程には直立型と匐匍型の二型が見られ，直立型では発芽枝の基部から出る側生芽が上向してこれが主枝に成長するが，匍匐型では側生芽は匍匐枝となり，岩面に拡がつて所謂匍匐叢を形成し，これより直立芽が出て，主枝に成長する。一般に直立枝がよく伸びるのは翌年1～4月頃，特に2～3月である。

2）発芽体が直立型をとるか，匍匐型をとるかは始めの発芽枝から最初の側生芽が発出する頃までの環境条件によるらしい。

3）オバクサでは匍匐型のみをとり，直立型は見られなかつた。

4）なお発芽及び成長を阻害する要因として砂泥の堆積始め腹足類による喰害や微小な藻類による被覆が認められた。

第7章 栄養繁殖

序説

テングサ類の栄養繁殖としては普通匍匐枝からの新芽の発出がよく知られており，これは漁場の維持に大きな役割を果しているものと認められるが，栄養繁殖法はこれだけではない。またテングサ類の体の一部を切断すると切口から多数の枝部或は根部を再生することは古くから知られており，育成にも利用された（藤森1940）がこれは個体の増加を意味するものではない。著者はマクサの游離した枝片が固着してそこから新個体を再生する現象を自然海底で見出しているが，これは明らかに個体の増加であり，従つて栄養繁殖の一つと見做すべきものである。またこれと類似した現象で着生している体の一部の枝が匍匐枝化して新芽を発出する場合をテングサ属の1種で確認した。何れも増殖上無視し得ない繁殖方法であると思うので，以下これらに関する実験・観察の結果を報告する。

岡村（1911a,b）は角石の一面に細切したテングサを平等に散布し，更に同様の角石を重ねてその流失を防いで12日後に検査した所，石の間に在つた断片は皆腐敗したが，只1個長さ2分許りのものの石の縁に挟まつて流失を免かれたものはその接触した裏面から毛状の根を出して附着したのを確かめた。そして「之に依つて惟うに仮令断片なりとも流失せずして固定せらるゝ限りは根を出して附着し成長を継続することは明かにしてその附着するまでの時は少くも10日以内にありと云うを得るなり」と述べた。その後藤森（1940）は「テングサを切断し，繩その他の物体に固着させて海中におけば，成長して行く許りでなく，体は接触した部分から根を生成して自ら固着する」と述べている。又宮崎県水産試験場（1939，水産局1940）も流れテングサが附着作用を行うことを実験的に確かめている。即ち「・・・・7月5日充分に枯死せしめたるスリバチサンゴに孔を穿ち，之に根部を除去したる石花菜を挿入し5尋の海底に沈設し，7月29日に取り上げたるに石花菜の根部の新生するを見たり。而して根部の容易に変化する枝は最初の根部より1，2，3番目位の直立径の分岐して末端の尖れるものなり」と記述している。更に最近では静岡県水産試験場（1952）が海中に設置したコンクリート盤に流れテングサが新根を出して附着したと報告している。以上は基盤から游離したテングサが基物に接触した部分就中枝部先端附近で固着することが決して珍らしくないことを示しているが，根部を新生した体のその後の成り行きについては何も明らかにされていなかつた。

著者もマクサの枝片が石面等に倒立状態で着生しているのを自然海中に於いて数度見出していたが1948年マクサの切断面に於ける枝部・根部の再生に関する実験で，2～3cmの小切片を紐に挟んで瓦にとりつけて海中に設置し，約1ヶ月後検べた所，側枝の先端附近から束状仮根を発して基面に着生している部分が相当あり，且その附近に胞子からの発芽体とは異なつた小さな単条の直立体を数個認めた。それらは恐らく一旦着生した側枝が波浪のため切り離され，基面に残つた基部から新しい芽が発出したのではないかと思われた。その際は実験目的が違つていたので，詳細な観察を行わなかつたが，マクサの枝部は匍匐枝に於ける様な栄養繁殖能力を有していると考えられたので，1953年吉見に於いてこの分生現象を改めて実験した。

これとは別に，宮崎県沿岸漁業指導所百合野定氏は着生しているまゝのテングサの直立枝の末端が岩面に附着し，そこから1個の若々しい体が発出しているものを採取したが，それを正

常の繁殖方法と見做してよいか否かについて著者に質された。著者はこれを重視し，その様な現象が常に見られるか否か，より多くの標本の取得に努める様すゝめた所，同氏は1955年2月数株の材料を採取して提供されたので，詳細に観察することが出来た。そしてその材料はテングサ属ではあるがマクサではないらしく，又現象そのものにも相違点があると考えられたので，以下マクサによる実験と本種による観察を項を別にして記述する。

実験方法並びに結果

(A) マクサ

実験方法

材料としては吉見産の十数cmを超えるマクサの主に無性個体を用いた。1株を2～3個に株分けしたもの4個をわら縄に挟んで種苗縄とした。用いた基物は第34図に示したコンクリート盤でA，B 2連の種苗縄を十字にとりつけた。その際枝部が盤面に強く接触する様根部を上に向けて保持した。なおBにつけた母藻の1個は雌性個体であつた。この盤2個を吉見地先のやゝ内湾がかつた砂地で水深大干潮線下1m 30cm 位の場所に設置した（第1図c地点）。

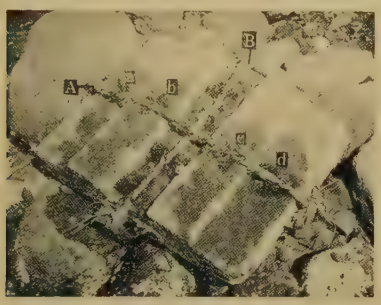


Fig. 34. Concrete block on which the twigs of the mother plants were set by means of strow ropes for the experiment of the vegetative reproduction. ×1/20.

設置地点は砂地であるが，小転石が多いことからみて盤は埋没も転覆もしないであろうと思われた。ただそこから沖合に向けて30—40度の傾斜があり，その下が軟かい砂地である点に不安があつたが，外に作業上適当な地点を見出し得なかつた。転石は上の斜面附近に集まつており，冬春季にはホンダワラ類が相当繁茂する。

設置したのは1953年8月17日で，盤の中1個を同年12月19日とり上げ，実験室に持ち帰り詳細に観察した。他の1個は満1年置く予定であつたが，翌年3月24日に潜水して観察した所，上述の斜面の下にすべり落ちており，砂泥が著しく堆積していたので，止むを得ず直ちにとり上げた。

実験結果

上記2つのコンクリート盤に取り付けた種苗縄は或ものは一端が切れて盤面から離れ，他のものは略投入時の状態で着いていたが，これらを盤面に附着した藻体を切らない様に取りはずし，盤の面を水と毛筆で丁寧に洗つて観察した。2つの盤面には多少とも新着生部を基として発出した直立枝及び匍匐枝が固着していたが，以下これらの形状或は数量を説明するため便宜上下記の呼称を用いることにする（第35，36図）。

旧枝部（a）—大小種々に千切れているが，新生仮根によつて盤面に着いている母藻の残存部分を称する。

新生仮根（b）—旧枝部或は分生匍匐枝から発した束状仮根で，分生体の附着部となるもの。

分生枝（c）—新生仮根の発出が動機となつてその附近から発出した枝部の称，分生体の

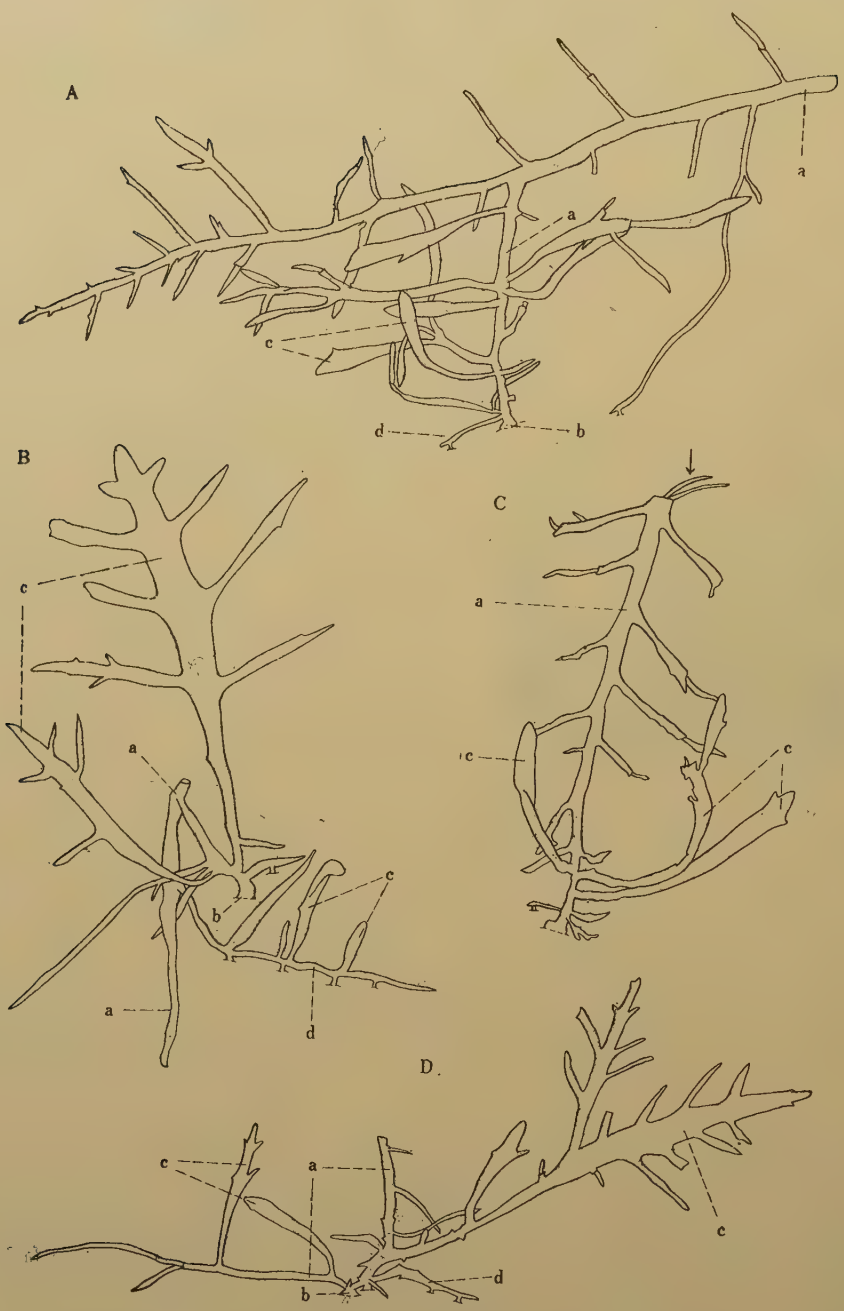


Fig. 35. Examples of vegetative reproduction on *G. Amansii*, found on the concrete block (Fig. 34) about 4 months after the mother plants set on —(1). A,B.×7; C,D.×4. In this test new rhizoids (b), new branches (c) and new stolons (d) appeared at the tips of the mother plants (a) which stood wrong end up on the substratum. The arrow in C indicates the stolons regenerated at the lower extremity (root pole) of the mother plant.

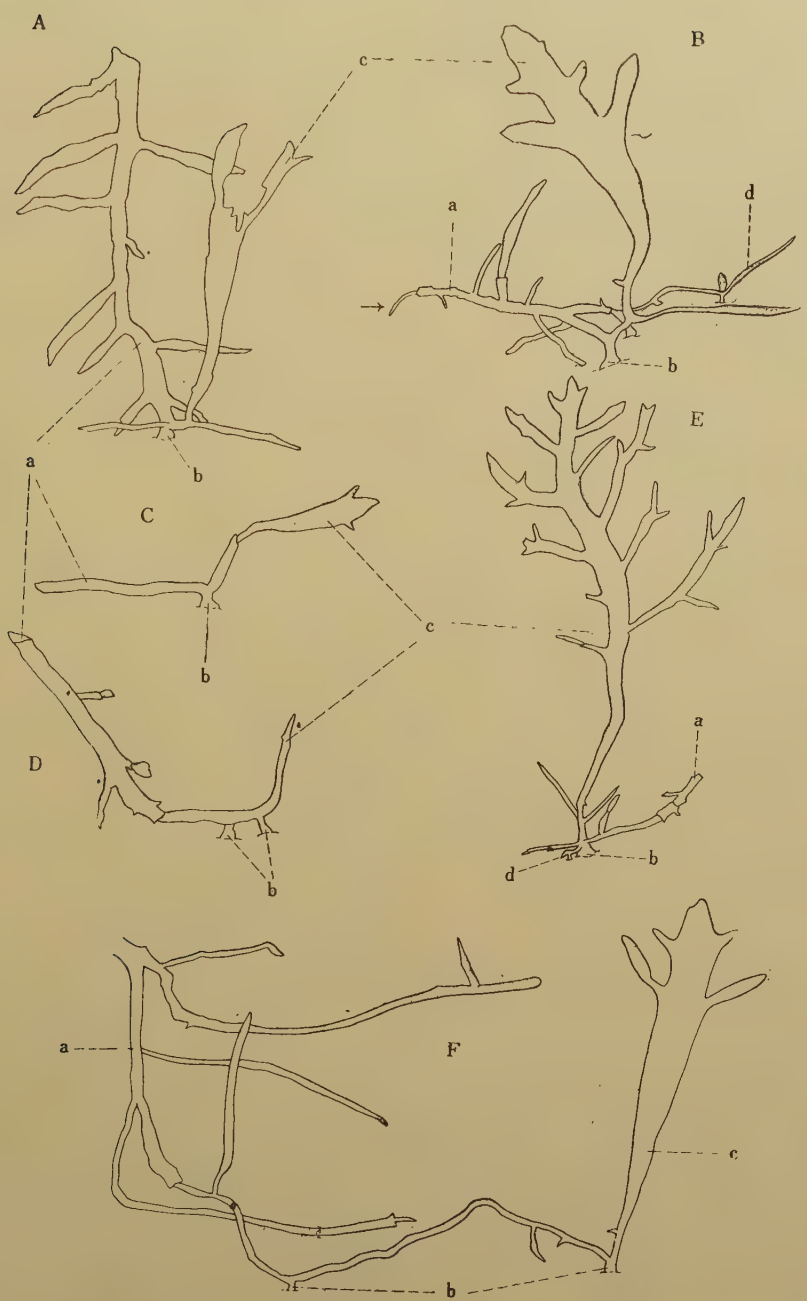


Fig. 36. Examples of vegetative reproducthon on *G. Amansii*, found on the concrete block about 4 months after the mother plants set on —(2). A, F. ×5; B,C,D. ×8. Reference to the explanation of Fig. 35 for a, b ,c, d and the arrow in B.

主要部である。

分生匍匐枝（d）—分生枝が匍匐して更に束状仮根を発したものを指す。母藻から始めにこれが出て，後にこれから分生（直立）枝を出す場合も少くない。

分生体—新生仮根を根部とし，分生枝と同匍匐枝によつて構成される新生藻体の総称である。しかし旧枝部の一部が含まれる場合が多いから旧枝部と必ずしも明確に区分できるわけではない。なお旧枝部の2箇所以上から相当離れて新生仮根等を発しているものでは将来分離することが考えられるが，殆んど枯廃した短い旧枝部が残つているに過ぎない体では，それ以上細分しないとみて特に独立分生体と呼んだが，もとよりこの区別は便宜的なものに過ぎない。

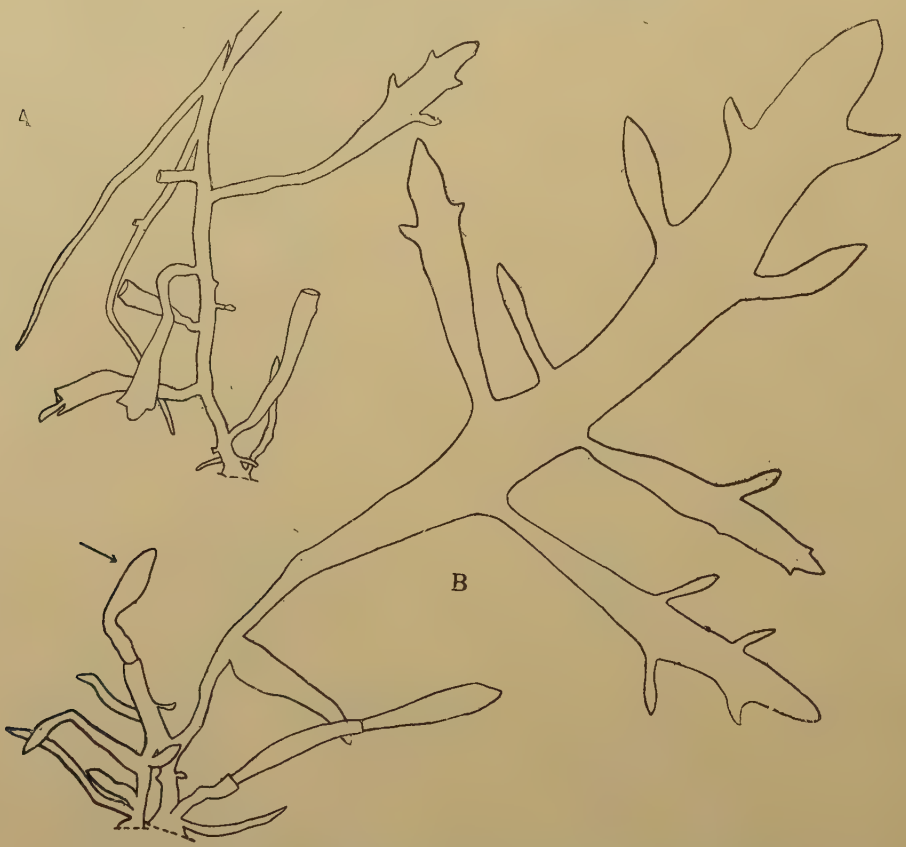


Fig. 37. Examples of vegetative reproduction on *G. Amansii*, found on the concrete block abont 4 months after the mother plants set on —(3). A.×8; B.×13. The arrow in B indicates the branch regenerated at the lower extremity (root pole) of the mother plant.

分生の既況：12月19日にとり上げた材料では種苗縄2本の中Aは一端が切れて盤面から離れていたが，Bは投入時の状態で着いていた。Aにつけた母藻の中b, c, dは流失していたが，aのみ大部分が残つていた（第34図）。cの接していた所には分生体が全く見られなかつた故，この母藻は早期に脱落したものと見られるが，bとdのあつた位置には旺盛な分生体が見られた。特にbには5 mm以上の旺盛な分生枝と極く短い旧枝部から成る十数個の独立分生体及び殆んど分生匍匐枝から成る繊細な分生体が数個あつたが，dには少かつた。大きく残つた旧枝部aは先端3ヶ所で附着し，附着部附近から余り旺盛でない分生枝が発出していた（第37図Aはそ

の1例である)。分生体がbの位置に多く，a 及びdに少かつたのは， 種苗繩Aが第34図でわかる様にb,cの位置では盤面が凸出しているため母藻をよく基面に接触させて保持していたのに対し，a及びdでは繩が盤面から離れるために母藻が安定し難かつたことによるのであろう。次によく固定されていた種苗繩B（第34図）の接していた附近は母藻がよく盤面に接触固定していた故か，全面に亘つて略均一に分生体が見られた。旧枝部は切れ切れではあるが大抵相当大きく残つており，諸所で附着しているため独立分生体は少く，分生枝は色がやや悪く成長も種苗繩Aの場合に較べて劣つていた。但し分生体の出現度合は種苗繩Aの母藻bの場合に劣らない様であつた。 以上からみて， 旧枝部は長く残存しない方が分生体の成長には好都合らしい。また種苗繩Bの場合からみて，母藻が無性であると雌性であるとで，分生体の出現度合は特に変らないと思われる。

3月24日にとり上げた盤にはその上面に砂泥が厚さ 1 cm 程も堆積し，分生体及び旧枝部は大部分枯死消失した様であつた。僅かながら認められたものも概して小さく且活力に乏しかつた。たゞ母藻の大きく残存したものが数個あり，その先端2～3箇所で附着し，その下では砂泥の層が薄くなつていたためか，附着部に 3～4 cm のよく分岐した分生体が半ば埋没し，且伏臥して残つていた。しかしこれらも一部のものを除いて恐らく小型の腹足類によると思われる甚だしい傷害を受けていた。

なほコンクリート盤は2つともその側面及び稜線附近に胞子からの発芽体が多数発出していたが上面には認められなかつた。これは淺所に角石を投入した場合初年度に起り勝ちな現象で前章に述べた様な種々の害的要因が関係しているとみられるが，その是非は別として兎に角胞子からの発芽体が出現し難い位置にも分生体なら出現し得るとみてよいと思う。また胞子からの発芽体は一般に分生体より小さかつた。

分生体及び旧枝部の形状：分生体は千差万別であるが，大部分のものでは旧枝部が大小とも残つているので，胞子からの発芽体と区別するのは容易であつた。前述の様に旧枝部が小さい程分生体は旺盛に見えた。第 VI 図版に冬季に於ける比較的旺盛な独立分生体を示した。これらは強いて分ければ2つの類型に区別される。分生枝は1本とは限らないが，大抵1本が特に大きくなつている。この最も旺盛な分生枝の発出部位が最初に出た新生仮根より旧枝部の基部に寄つている場合とその反対或は新生仮根の略直上部に当る場合とで分生体の形態は相当違つて来る。前者を逆向型と仮称して第35図及び第37図に，後者を先向型と呼んで第36図に示した。これらの図をみてもわかる様に逆向分生枝の発出方向は始めの中は概して旧枝部の軸に直角であるが，後次第に基盤に対して直角の向きになつて行く傾向が認められるが，これは極性が除

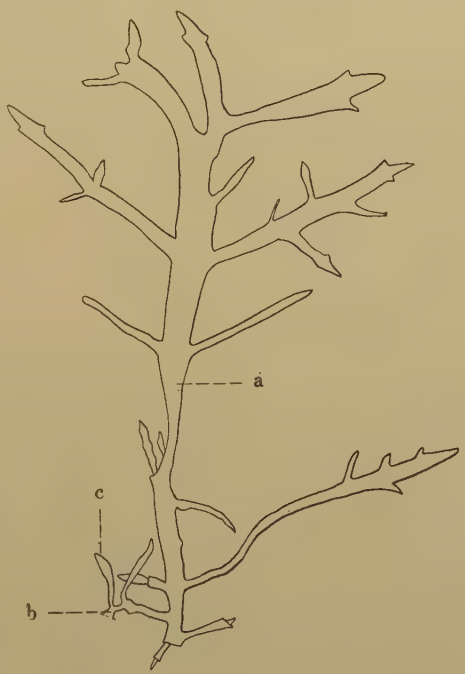


Fig. 38. An example of vegetative reproduction on *G. Amansii*, found on the concrete block about 4 months after the mother plants set on —(4). ×6. In this case the mother plant was normally growing, and new branch (c) was small.

々に逆転して行くことを示していると思う。これに対して先向分生枝は始めから基盤に対して直角の方向に伸出する場合が多い。一般に前者は旧枝部が基盤に略垂直に倒立し，その極く先端近くから新生仮根を発した場合に多く出現し，後者は旧枝部が基盤に対して斜めに接し，先端からやや離れて新生仮根を発した場合，或は旧枝部が一旦匍匐枝に変じて伸びて附着した場合（第36図F）に多いらしい。また逆向型に於いては新たに生じた分生枝の外旧枝部の側枝で除々に反転して伸長するものがあり，そのため枝が密になるものが多い。第35図Aはその著しい例である。なお旧枝部が正立して成長を旺盛に継続していたものが1例見られた。これを継続型と呼んで第38図に示した。

冬季に旺盛に成長していた独立分生体が春季までにどの程度の成長を遂げるかは前記砂泥等の害のため明らかにし得なかつたが，第VII図版に示す様に非常に大きな旧枝部を残している分生体でも 4cm 位になつていたことは分生体の成長が迅速であることを物語つていると思う。

上の継続型のものを除けば冬季の材料では旧枝部は大小に拘らず活力が衰え，体色が黒ずんで，末枝が細く匍匐枝状を呈し，また先端が枯廃して貧弱な再生枝を出していた。しかし春季の材料に於いては旧枝部はその先端附近が若々しく，再生枝がよく伸長していた。もつともその枝は例外なく細く，匍匐枝状になつている場合が少くなかつた。旧枝部に於いて特に興味を惹かれるのは千切れた面から出ている再生枝である。これは冬季の材料では大部分明らかに匍匐枝の形であり（第35図C，第36図Bの→），始めの極性から言えばそれが当然であるが，やゝ大型の旧枝部に於いて細い分岐した枝部を発出していたものが2例あり，春季の材料では例外なく再生枝は細い分岐した直立枝であつた（第VII図版→）。また冬季の材料で第37図Bに示す1例では極く短い旧枝部に於いて再生匍匐枝（→）が幅の広い若々しい枝部に変じつつあつた。以上は新生仮根を発したため始めの極性と反対の極性を生じ，そのため一時的に枯廃状態を呈し，その後漸次後生の極性が強くなつて遂に逆転するに至つたことを示すと思われる。なお大型の旧枝部は極性が逆転しても結局正常な状態には戻らず，細長な形を続けていたが，これは砂泥の被覆のためかも知れない。

（B）テングサ属の一種

観察材料

材料は前記百合野氏が1955年2月22日延岡市赤水樫の浜地先水深約10mから採取した石についているテングサの中枝部による栄養繁殖がみられるもの6株である。しかしこれらは何れも未熟であるから種の判別が困難であつたので，1954年8月に同じ場所から採取された大型の成熟体についても検べた。これら2つの試料は明らかに同一種と認められ，宮崎県水産試験場（1939，水産局1940）がマクサ一型 *G. Amansii f. typica* とした所の宮崎県北部の主要な産業種に該当するものである。しかし体がマクサに較べると甚だ扁平であり，鋭い歯状小枝を対生し，更に上記報告にも記述されている通り雌性個体と無性個体で著しく体形が異なること等からみてマクサとは別種であると考えられる。

観察結果

2月採取の6株の材料は何れも直立枝の先端が基面に固着し，そこから若々しい直立枝を発出している。その形状は第39図に示す様に前項マクサの場合と類似しているが，逆向型より先向型が多い様であつた。先端が固着した枝は大抵細長く匍匐枝状を呈して且活力が衰えている

様に見える。なおこれらの藻体の元の基部には匍匐枝が少いか，或いは全くない。これに対して8月の材料では匍匐枝が多数発出している。この所見から本種の栄養繁殖は夏季には主に匍匐枝により，冬季は多分主に枝部によつて行われているのではないかと推察される。

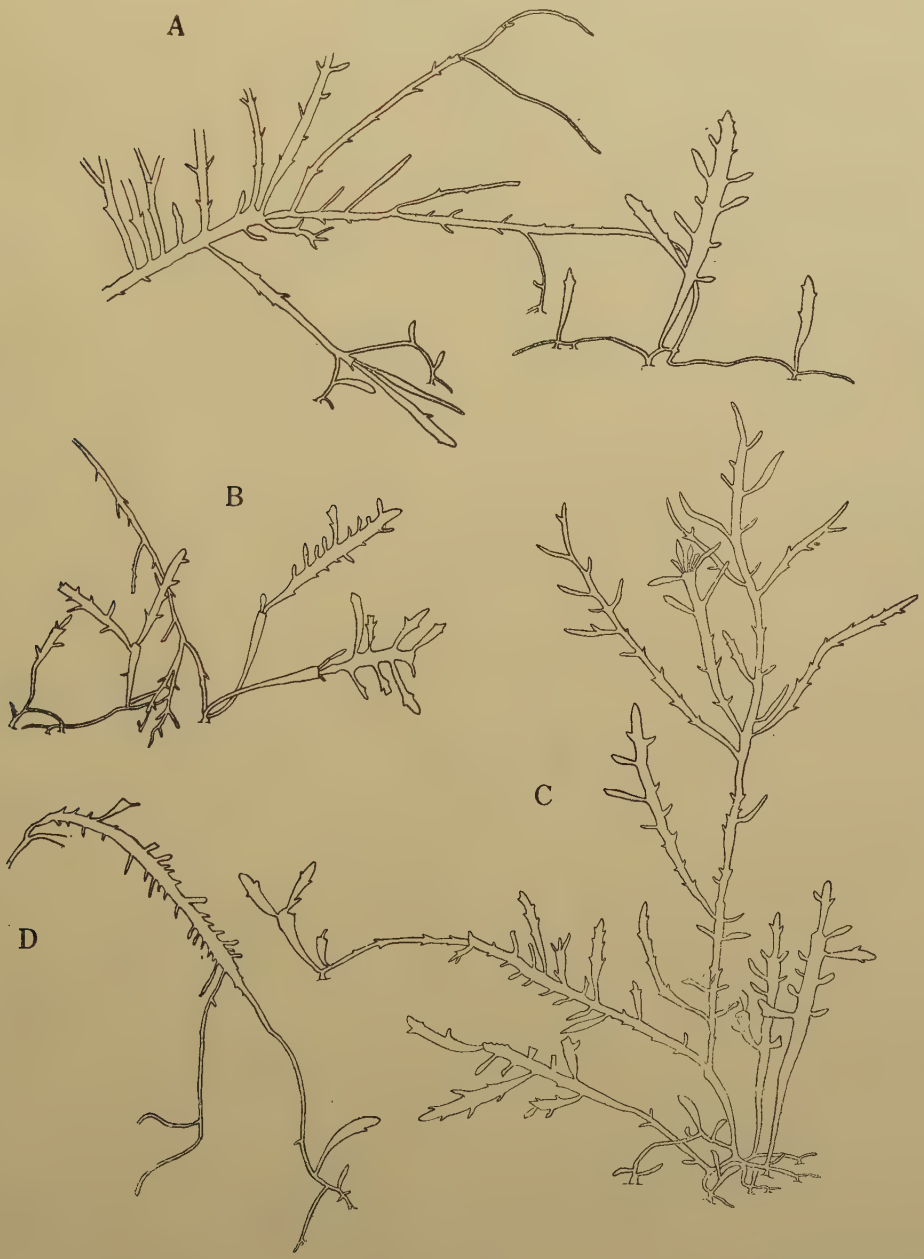


Fig. 39. Examples of vegetative reproduction on *Gelidium* sp., found on the rocks which were heaved up from the water about 10 m deep at Nobeoka on 22, February, 1955. A,B,D.×1.5; C.×1.3.

考察

実験結果からマクサはその游離した直立枝が基物に接触して固定されゝば，束状仮根を発して短時日で着生を遂げ，新着生部を基にして新個体を作る能力をもつていることがわかつた。今回の実験では人為的な補助手段を加えて分生を起させたのであるが，自然の海底では如何であろうか。前記の諸文献では自然に於いては流れテングサが仮根を新生して附着する所までしか明らかでなかつたのであるが，最近東京教育大学下田臨海実験所千原光雄氏は海中の自然石に流れテングサが附着し，著者の実験と同様の分生繁殖を行つている標本を多数入手されている。それ故この現象は自然海中に於いても何等珍しいことではないとみてよいと思う。

次に *Gelidium* sp. で観察された栄養繁殖は本質的には上記マクサの分生繁殖と異なるものとは思われない。たゞ本種では基物に着生したまゝの藻体の枝端が基物に固着して新直立枝を発するのであるから分生繁殖と言うのは適当でなく，むしろ直立枝の匍匐枝化とでも言うべき現象であろう。また深所からたまたま引き揚げた石に多数見出されたことからみて，この現象は原則的な繁殖法の一つであろうと考えられ，上記マクサの分生現象が頻繁であるとはいえ，時化或は人間による採取のために基盤から游離した藻体が基面に接触して固定されるという偶然の機会に起る現象であるのとは少しく違つていると考えられる。しかし序説に挙げた宮崎県水産試験場の報告は本種によるものらしいので，マクサの様な分生繁殖も行うと見られる。また本種では固着した枝部が匍匐枝化してその後長く残るものか，或は両端に根部を有するために相反する極性が共存し，そのため枯廃状態となつて切れるかは今の所はつきりしていないが，若し切断されるものならば分生とみても差支えないかも知れない。またマクサでも着生したまゝで直立枝による個体の増加を決して行わないと断定することは出来ない。恐らくマクサは直立枝と匍匐枝の分化の程度が *Gelidium* sp. より少しく進んでいるため上述の差違を生じたのであつて，二つの現象は根本的に相違するものではないであろう。なお両種共先端部程発根し易いのは若い部では器官の分化が未だ進んでいないことによると考えられる。

結論

1）マクサは分生力が強く，基盤から游離した枝片を石面に接触を保つて固定しておけば枝部から発根して附着し，そこを基にして新たな体を新生する。発根は先端部程起り易い。また分生体はそれについて残つている旧枝部が小さい程発育が良いという傾向があるらしい。

2）分生枝は新生した仮根より旧枝部の基部寄りに出る場合（逆向型）とその反対の場合（先向型）があり，前者に於いては暫くの間極性の混乱が見られる。

3）マクサに於ける分生繁殖は偶然的なものではあるが，自然海底に於いてもしばしば起る現象である。

4）テングサ属の或1種では自然状態に於いて一部の直立枝が匍匐枝化し，新直立枝を発出して繁殖する。この現象は極めて頻繁なものらしく，正常な栄養繁殖の一つとして行われているものゝ様である。もつとも本質的には上記マクサに於ける分生現象と異なるものとは思えず，直立枝と匍匐枝の機能的分化の程度が非常に低いことがかゝる繁殖法を普遍的にしているのかも知れない。

第8章　研究成果の応用上の意義

概　　説

本研究の成果はテングサ類の増産に如何なる寄与をなすであろうか。これについて少しく考察を試みよう。

先ず胞子の放出及び附着について得られた新知見は両者相俟つてより確実な採苗方法への道を開いたと言えよう。特に放出時刻を予想し得ることは人工的な胞子付けを容易にしたことである。また附着の機会が略究明されたことは投石・除草作業の効果を高め，就中材料とする石材の選択基準を与えたことになると思う。なほこれらの項目で用いた実験方法は独りテングサ類のみならず，外の有用海藻類の胞子の生態研究に広く用いることが出来ると確信する。

発芽・成長の過程を明らかにすることは一般に管理上の根本問題であり，テングサ類でこれが判明したことは胞子を種苗とする育成方法の発達に貢献するであろう。もつともテングサ類では将来も粗放的な増殖事業が主体となるであろうから，多くの場合管理は事実上不可能に近いわけであるが，これに代つて必要な事業効果の判定・被害調査等に役立つであろう。初期発生に及ぼす水温及び比重の実験結果はそれを直ちに自然海中に適用するには慎重でなければならないけれども播種時期の決定，新漁場の探索，磯焼原因の究明等に当つて参考とするに足りると思う。次に著者の見出した発育阻害要因は僅かであるが，その中砂泥の堆積による害は極めて顕著で投石事業が主に砂地になされることを考える時，事業の施行方法特に投石地，投入石の大きさ等を決定するに当つて最も注意するべき一項であると思う。

人為的な分生繁殖は最も確実な採苗方法であつて，育成・移殖に利用できるのは勿論，新漁場開拓に当つてその場所の適不適をこれによつて試験してみることが出来よう。特に間接播種に当つて胞子による繁殖と分生繁殖を併用することによつて，母藻をより経済的に使用して而もテングサ群落の成立を早くすることが可能になるであろうと考える。

以上の外直接乃至間接に増殖或は保護の上に活用できる点は少くないが，上記の中特に重要と思われる項目について少しく立入つて検討してみよう。

胞　子　付　け

胞子が一日に1度予察し得る時刻に大体かたまつて放出されること及び極めて短時間で固着することが明らかになつたので，多量の胞子を目的の基物に確実に附着させることが容易になつた。例えば藤森（1940）の苗付式養殖の様な場合附着器であるシュロ縄の上に母藻を短時間おくことによつて胞子付けの目的を達し得るし，濃厚な胞子液を作つてこれに浸漬すれば，狭い容器（但し攪拌を要する）中で大量を処理し得るであろう。投石作業の場合は大抵舟上作業である故実施し難いが，岸壁等の下で半ば集約的な養殖を行うことは困難でないと思う。

放出時刻を意のままに変えることには未だ成功していないが，これには自然放出の条件を明らかにすることが先決問題であろう。著者の経験から言えば，テングサ類の場合放出の促進或は遅延を乾干・比重の変化等の実施容易な方法で模索的に試験することは功を急いで何者も得られない結果に終ると思われ，むしろ自然放出の条件を究明して行くことが望ましい。本研究

で得られた放出時刻と外的要因との関係についての初歩的な知識はこれを探索する一つの重要な手掛りではないかと思う。

投石材料の選定

投石事業を実施するに当つて従来極めて重視されて来た基礎的事項に石材の選定がある。これについては主にマクサを対象として諸府県の水産試験場等の試験機関が古くから岩石始め種々の基物を投入して試験して来た。これらの報告や経験者の語る所は種々であるが，以下の比較については殆んど異論がない様である。

（1） 山石は海底或は海岸の丸石より常に発芽が多い。

（2） 面の粗い石は滑かな石より発芽が多い。

（3） 軟い石は硬い石より発芽が多い。但し砂岩では後に消失することが少くない（表面から崩れるためであろう）。

（4） コンクリートや貝殻は硬い陶・磁器より良い。

附着位置に及ぼす水流の影響の実験結果からみて上の四項は結局「表面に凹凸の多い基物には平滑なものより胞子が付き易い」という一項に集約されると思う（もつともこれには腹足類の喰害が凹凸面より平滑面で著しいという様な生残り率の問題も加わるかも知れないと思う）。石質については確かなことはわかつていない。恐らく石の化学的性質は殆んど関係がないのではないかと思うが，採石の際割面の凹凸の程度が石質によつて違つて来ることは注意すべきであろう。要するに割面が凹凸に富み且崩れない質の石を選ぶことが大切である。なお岩面掻破等の除草作業に当つて「岩面を広く完全に裸出させるより小部分宛点々と或は線状に掻破する方が結果がよい」という意見がある。複雑な問題で軽々には論じ難いが，胞子の集合附着という点からみれば賛成できる。

分生能の利用

投石・岩礁爆破・岩面掻破等によつて着生面の拡大を行うに当つては母藻設置による間接播種を伴うのが一応原則である。もつともテングサ類の略純粋な大群落中に投入する場合には必ずしも母藻を必要としない許りか，冬季に行つてさえ何年後かには繁茂するものであるが，荒廃漁場の回復や新漁場の開拓（移殖）を図る場合には必ず播種しなければならない。

間接播種には種々の方法があり，古くは石付きのテングサ所謂原石を用いたり，テングサの細片を海底で散布したり（岡村1911a,b）したこともあつたが，現在では（1）母藻を挟んだ縄所謂種苗縄を投石する石に巻きつけるとか，（2）長い種苗縄に間隔をおいて沈子の小石等をとりつけ，投石・除草区域に伸ばして沈下させる（この場合母藻を挟む代りに網袋に入れて縄につける方法もある）とか，或いは（3）大きな網で小石と一緒に母藻を包んで沈下させるとかしている。この中（2）（3）は実施し易いが余り確実でないらしく（1）は余程確実であるが，手間が多いため母藻をつける石が少くなり勝ちである。しかし何れの方法をとるにしても翌年度に実施区域全般に亘つて密生繁茂した例は多くない様で，自然の母藻の多い所に播種することなく投石した場合と同様密生群落が成立するまでに3～4年位はかかるのが一般らしい。また母藻の必要量・設置間隔等が見出し難いため，兎に角母藻を大量に入れるに限るとし

て，一個所に大量を設置する向きもある様であるが，これは無駄が多いと思う。

著者は繁茂期の到来を早め且母藻をより有効に使用するために，胞子の外に分生による繁殖力をも併せ利用するべきであると思う。分生による繁殖力は胞子によるそれに較べれば遙かに小さく，又発芽の範囲は殆んど設置部分に限られるけれども，その代り極めて確実であり，発芽期の被害が少く，一株の母藻から数十個の分生体を発生させ得るのである。具体的に方法を述べれば，株分けした母藻を細縄又は紐に挟んで，枝部が石面に接触する様に石に巻きつけて分散投石するのである。その際母藻の取付けに径1分程度のゴムテープを2本撚り合せて用いると操作が容易である。母藻をつける石としてはその表面と縄の間に成るべく間隔の生じない形のものを選ぶとよい。また投石後縄が石の側面になり易い様に巻きつけ位置を考えることも必要であるが，投石後整理すれば更によい。本研究でもそうであつたが，テングサの発芽は一般に石の側面，陵角に多く，上面に少いものであり，また投石は砂地に施されることが多く，従つて上面は砂泥を被り易い。次に実施の時期としては夏季成熟期に胞子繁殖と分生繁殖を共に利用して行うか，或は秋冬の間に実施して翌年夏季に分生体を成熟させ，それから胞子を散布させるかであると思う。春季の成長盛期に行つても夏までに分生体が熟すればよいが，これは実験してみないとわからない。

以上は投石の場合の方法であるが擂破・爆破地帯にも応用できよう。しかしこの場合には外に良法があるかも知れない。これについて想い起すのは岡村（1911b）がテングサの細片を海女に握らせて海底で散布させた事実である。岡村は「細断して水中に撒布することは蕃殖を図る上に於いては充分確実な方法と云う能はず，何となれば全部流失するものと見做すべからざるなり。・・・

要　　結

1．須藤（1950a）はマクサ等のテングサ類の胞子の放出について「大体16時を中心としてその前後数時間にわたつて行われ，夜半～朝には殆んど放出されない」と報じた。しかし著者がマクサで実験した所では放出時刻は時期的に変動し，果胞子は成熟盛期（夏季）には早朝放出され，四分胞子は成熟期の始めと終りに於いては夜半に放出されるものである。なお時期的変動は四分胞子の方が果胞子より著しい。

2．放出時刻が時期的に変動するのは海水温度の変化が原因らしい。即ち夜間の水温を高めると翌日の放出時刻は早くなり，低くすると遅れて来る。但し約 25°C 以上では変らない様である。

3．光の累積作用（須藤1950b）は胞子の放出条件とは認められない。

4．薬剤によつてマクサの四分胞子の放出を或程度遅延させることが出来るが，将来出るべき胞子の放出を誘発することは困難な様である。

5．胞子の沈降速度は須藤が報じたより幾分早いようであるが，須藤の「胞子の散布移動は全く他動的に海水の流動によつて行われる」という結論には変りはないと思う。

6．胞子の附着力は須藤が報じたより余程強く，放出直後の胞子は大部分極く短時間の接触で固着を遂げる，放出後時間の経過と共に附着力は漸減するが，須藤の報じた程著しいことはない。なお発芽力も案外長時間保持されるらしい。

7．胞子は基面に接して形成される潮目の位置に集合して附着する。従つて岩面の肉眼的凹凸は水流を制約して胞子が附着する機会を作つていると考えられる。この見解を押し拡げる時，岩面の植生や固着動物も一概に胞子の附着に不利であるとは言えないであろう。

8．マクサ *Gelidium Amansii*，オニブサ *G. pacificum*，オニクサ *G. japonicum*，ハイテングサ *G. pusillum*，ヒメテングサ *G. divaricatum*，オバクサ *Pterocladia tenuis*，ユイキリ *Acanthopeltis japonica* の初期発生の型式は猪野（1947）の言うテングサ型 Gelidial type に属し，これらの中オバクサの発生にはやや特異な点がある。

9．マクサの胞子の発生最適水温は 24～25°C と見られる。最高致死限界水温は急激な変化がない場合には 28～29°C附近にあるらしい。24°C以下では低い程発生速度は遅くなり，12°C 位では発生は殆んど進まないがなほ健全である。

10．マクサの胞子の初期発生過程に於いて仮根の伸出は低比重によつて明らかに阻害され，異常な高比重では極端に伸長する。体の成長に及ぼす比重の影響は 1.010 以上では明らかでない。発芽体の低比重に対する抵抗力は発生が進んだもの程強くなるらしい。

11．マクサの成形過程には直立型と匍匐型の二型がみられる。直立型では始めの発芽枝の基部から出る側生芽が上向してこれが主枝に成長するが，匍匐型では側生芽は匍匐枝に発達してそれから何本かの直立芽が出て主枝に成長する。前者の方が順調な経過らしいが，何れの型をとつても成体になり得る。始めの単条の発芽枝の基部から側生芽が出る頃までの環境条件が側生芽の伸出方向を決定し，そのため暫くの間二型の区別が出て来るのではないかと考えられる。

12．オバクサでは匍匐型の過程のみをとり，直立型は見られなかつた。

13．発芽・成長を阻害する要因としては砂泥の堆積・附着，腹足類による喰害及び微小な藻

類による被覆が認められた。しかしてこれらの中砂泥の害が最も顕著であつた。

14. 游離したマクサを繩等で石面に固定すれば，石面に接触した部分就中枝部の先端附近から束状仮根を発出し，それを基として若々しい枝部が発生し，著者の言う分生体が作られる。その場合分生枝が新生仮根より旧枝部（母藻）の基部寄りに出る型とその反対の型がみられ，前者では暫くの間極性の混乱が観察される。

15. テングサ属の或1種では一部の直立枝が匍匐枝化して新直立枝を発出して繁殖する現象が普通に見られる。この繁殖法は本質的には上記マクサの分生繁殖と異なるものではないであろうが，マクサに於ける様な偶然的なものではないらしく，むしろ本性的な栄養繁殖であると見られる。

16. 研究結果のテングサ類増産えの応用について述べれば，胞子の放出・附着に関する知見は主に採苗方法に，発芽・成長の過程とそれに及ぼす水温・比重の影響及び発育阻害要因について得られた知見は育成上の管理，増殖事業に於ける効果の判定，被害調査，播種時期の決定，新漁場の探索等に，また人為的な分生繁殖法の発見は採苗，移植及び育成事業等の上に寄与する所があると信ずる。

引 用 文 献

千葉県水産試験所（1952）浅海増殖試験，月報 **3**，16—21.

FELDMANN, J.（1938）Sur le development des tetraspores du *Caulaccanthus ustulatus* (MELT.) KÜTZ., Bull. Soc. Hist. nat. l'Afr. du Nord. **29**, 298—303.

藤森三郎（1940）てんぐさの新養殖法，水産界 no. **693**, 36—44.

HATTON, H.（1932）Quelques observations sur le repeuplment en *Fucus vesiculosus* des surfaces roeuses denudes, Bull. Lab. mar. Saint-Servan **9**, 1—6.

猪野俊平（1939）真正紅藻類に於ける胞子の大さに就いて，植物及動物 **7**，1120—1122.

———（1941）マクサの果胞子発生に就いて，植物及動物 **9**，877—880.

———（1944）発生学より見たる真正紅藻類の系統関係，植物学雑誌 **38**，50—51.

———（1947）真正紅藻類の比較発生学的研究，「海藻の発生」p. 95—243；東京.

———（1948）真正紅藻類の発生学的研究の進歩，「生物学の進歩　第三輯」p. 193—239；東京.

金丸但馬（1932）石花菜に附いて揚る貝類，ヴキナス **3**，273—281.

片田　実（1949）テングサの増殖に関する研究（IV）マクサの実験発生学的研究（I），日本水産学会誌 **15**，359—361.

———・松井敏夫・中務恒太郎・湖城重仁・三浦　昭（1953）テングサの増殖に関する研究（V）マクサの胞子放出について（I），日本水産学会誌 **19**，471—473.

———・———（1954）テングサの増殖に関する研究（VI）マクサの胞子の着生について（I），農林省水産講習所研究報告 **3**，229—233.

KILLIAN, K.（1914）Über die Entwicklung einiger Florideen, Z. Bot. **6**, 209—279.

木下虎一郎・清水二郎（1935）福山地方に於けるテングサの豊凶と同地方のケカヂグサなる称呼の所以に就いて，北海道水産試験場事業旬報 no. **298**，971.

———・平野義見・高橋武司（1935）テングサの発生適温試験，北海道水産試験場事業旬報 no. **300**，993—994.

———・———・———（1936）テングサの発生適温試験（其の二），北海道水産試験場事業旬報 no. **301**，1002—1005.

——　——（1939）昭和十四年の松前産テングサの凶作を海温から観る，北海道水産試験場事業旬報 no. **444**，228—229.

———・波谷三五郎（1941）北海道に於けるテングサの生産状況と主要種ナンブグサの結実期及びその性質から観た増殖時期に就いての考察，水産研究誌 **36**，69—79.

———（1942）テングサの北限を制約する要因，海洋科学 **2**，410—417.

———（1944）テングサの北限を制約する要因，北海道水産試験場事業月報 **1**，193—202.

———（1947）コンブとワカメの増殖に関する研究，79p.；札幌.

———（1949）テングサの増殖に関する研究，「ノリ・テングサ・フノリ及ギンナンサウの増殖に関する研究」p. 33—57；札幌.

松井敏夫・安田　力（1955）マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について I，農林省水産講習所研究報告 **4**，245—251.

宮崎県水産試験場（1939）石花菜増殖事業，業務概要　昭和**13**～**14**年度，100—113.

NORTHCRAFT, R. D. (1948) Marine algal colonization on the Monterey Peninsula, Calif., Amer. J. Bot. **35**, 396—404.

尾形英二（1953）紅藻胞子の岩面附着に関する二・三の実験，植物生態学会報 **3**，128—134.

大石芳三（1917）天草繁殖保護について，水産研究誌 **12**，104—109.

岡村金太郎（1908）伊豆沿岸テングサの減少する原因を論じて磯焼に及ぶ，水産研究誌 **3**，131—136.

————（1909a）伊豆石花菜繁殖試験報告，水産研究誌 **4**，120—124.

————（1909b）静岡県下てんぐさ蕃殖試験，水産講習所試験報告 **5**，222—230.

————（1911a）静岡県下てんぐさ蕃殖試験，水産講習所試験報告 **7**，72—73.

————（1911b）静岡県下てんぐさ蕃殖試験，水産講習所試験報告 **7**，230—246.

————（1911c）てんぐさの繁殖力について，植物学雑誌 **25**，373—378.

————（1917a）「てんぐさ」の蕃殖は「ほんだわら」の類の掃除を最上策とす，水産研究誌 **12**，267—268.

————（1917b）てんぐさの生長試験，水産講習所試験報告 **13**，1—10.

————（1934）本邦産てんぐさ属及びおばくさ属に就いて，水産講習所試験報告 **29**，35—53.

————（1935）台湾産てんぐさ類について，日本学術協会報告 **10**，441—443.

————（1936）日本海藻誌，964p.；東京.

大野磯吉（1927）発生上より見たる石花菜の蕃殖に就いて，9p.（謄写刷）.

————（1932）北海道に於ける浅海利用水産増殖講話，51p.（謄写刷）.

REES, T. K. (1940) Algal colonization at Mumbles Head, J. Ecol. **28**, 403—437.

瀬川宗吉・尾形英二・沢田武男（1955）オゴノリの果胞子放出に関する研究　第1報　蔭干に伴う果胞子放出について，九州大学農学部学芸雑誌 **15**，235—243.

瀬木紀男（1954）本邦及び近傍産テングサ属の種類に就いて（I），藻類 **2**，13—19.

静岡県水産試験場（1951）てんぐさ増殖調査，事業報告　昭和**25**～**26**年度，265—273.

————（1952）海洋生産力調査，事業報告　昭和**27**年度，186—192.

水産局（1940）宮崎県に於ける岩面掻破器使用による磯掃除概要，「寒天原藻増産に関する資料（其の二）岩面掻破による各地の石花菜増殖」p. 14—43.

須藤俊造（1948）昆布科植物の游走子の放出，運動並びに着生（海藻胞子附けの研究　第一報），日本水産学会誌 **13**，123—128.

————（1949a）フノリの胞子の放出，浮游及び着生（海藻胞子附けの研究　第四報），日本水産学会誌 **14**，184—188.

————（1949b）マフノリのタネマキの研究（海藻胞子付けの研究　第5報），日本水産学会誌 **15**，226—228.

————（1950a）テングサの胞子の放出・浮游及び着生（海藻の胞子付けの研究　第6報），日本水産

学会誌 **15**, 671—673.

———— (1950b) 海藻の胞子の放出・散布及び着生に関する研究 (海藻胞子付けの研究 第8報), 日本水産学会誌 **16**, 1—9.

———— (1954) テングサの増殖 (水産増殖叢書No. 8) 53p.; 東京 (謄写刷).

高木光造 (1953a) 海藻カタラーゼに関する研究 第1報, 各種海藻のカタラーゼ作用力に就いて, 日本水産学会誌 **18**, 483—487.

———— (1953b) 海藻カタラーゼに関する研究 II 海藻カタラーゼの Opt. pH に就いて, 日本水産学会誌 **19**, 798—802.

———— (1953c) 海藻カタラーゼに関する研究 III 海藻カタラーゼの Opt. temp. に就いて, 日本水産学会誌 **19**, 803—807.

高松正彦 (1944) マクサの胞子発生特にその芽胞体の後期成長に就いて, 資源科学研究所彙報 **6**, 55—62.

———— (1946a) テングサの繁殖と石灰藻, 資源科学研究所彙報 **9**, 35—36.

———— (1946b) 各種海藻に於ける陰干採苗実験, 資源科学研究所彙報 **10**, 19—23.

———— (1946c) オホブサ (*Gelidium pacificum* OKAM.) の性比に就いて, 資源科学研究所彙報 **10**, 24.

高山活夫 (1938) 三重県に於ける天草について, 三重県水産試験場時報 no. **101**, 205—212.

———— (1939) 三重県外洋浅海生物に関する研究, 水産研究誌 **34**, 211—213.

殖田三郎 (1936) テングサの増殖に関する研究 (I), 日本水産学会誌 **5**, 183—186.

————・片田 実 (1943) テングサの増殖に関する研究 (II) マクサ及びオバクサの発生, 日本水産学会誌 **11**, 175—178.

————・———— (1949) テングサの増殖に関する研究 (III) マクサ発芽体の後期成長に就いて, 日本水産学会誌 **15**, 354—358.

遠藤吉三郎 (1902a) 海藻磯焼調査報告, 水産調査報告 (農商務省水産局) **12**, 1—33.

———— (1902b) 千葉県下海藻磯焼調査報告, 水産調査報告 **12**, 34—38.

———— (1902c) 東京湾内の潮流及び其海産植物分布の関係, 水産調査報告 **12**, 39—47.

———— (1911) 海産植物学, 748p.; 東京.

附　　表

APPENDIX

Diunal variation of the shed spores expressed by the number of spores counted and the water temperature measured in 1952. The temperature was measured at 7,00 hour in the sea water where the samples were taken; the other temperature was read in the laboratory.

Time in hour	June 9～10		June 12～13			June 25～26		
	Carpo-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.
		°C			°C			°C
7.00					20.1			21.1
7.00～ 7.30								
8.00～ 8.30						0	0	20.5
9.00～ 9.30	0		0	2	19.2	0	4	
10.00～10.30	1	19.2	0	3		0	210	20.3
11.00～11.30	0		0	17		4	323	
12.00～12.30	0		0	134	19.7	0	420	21.5
13.00～13.30	6	19.5	0	321		0	10	21.7
14.00～14.30	108		0	204		0	2	
15.00～15.30	830		2	37	20.2	4	0	22.8
16.00～16.30	1240		6	18		8	0	
17.00～17.30	718	19.5	30	5	20.7	56	2	22.8
18.00～18.30	450		234	1		96	4	
19.00～19.30	68		28	4		108	2	22.7
20.00～20.30	15		423	5	19.7	104	0	22.4
21.00～21.30	3	19.0	84	8		54	8	
22.00～22.30	2		353	7		12	4	22.2
23.00～23.30	0		287	2		0	2	
0.00～ 0.30	M. 1.7		41	1	18.2	4	0	22.0
1.00～ 1.30			28	0		0	0	
2.00～ 2.30			14	0		0	0	
3.00～ 3.30			0	0	17.7	M. 0.6	M. 0.2	20.5
4.00～ 4.30			12	0				
5.00～ 5.30			2	1				
6.00～ 6.30	0		17	0	16.5	0	2	21.7
7.00～ 7.30	0		4	0		0	0	

June 30～July 1		July 12～13			July 16～17		July 22～23			
Tetra-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.	Tetra-spores	Water temp.	Tetra-spores	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.
	°C			°C		°C				°C
	22.8			**21.0**						**24.0**
		0	0				0	89	1166	24.5
0		0	0	22.8			0	450	842	
0	23.7	0	4		138	25.4	0	593	956	25.2
6	24.0	0	47	23.0	445		25	400	247	
20	24.5	2	58		461		180	86	50	25.7
128		10	62	24.3	469	25.5	513	14	8	
348	25.1	6	22		326		509	9	1	26.5
490		22	4	24.7	220		414	3	3	
618	25.3	48	6		69	27.2	260	4	3	26.8
442		74	6	24.9	14		3	4	1	
330	25.2	32	4		10		1	0	1	25.3
134		48	2	24.5	4		0	0	0	
32	24.7	32	6		4	25.5	0	0	0	24.7
10		26	2	23.9	1		0	0	0	
12	24.5	6	8	23.2	0	25.4	0	0	0	24.3
	24.2	2		23.0			0	0	0	
							0	0	0	24.7
							0	0	0	
M. 3.5		M. 1.4	M. 2.4		M. 1.1		0	0	0	24.7
							0	0	0	
							0	0	0	24.7
							0	0	0	
	24.7			23.0		25.1	0	0	0	25.2
0	24.3	2	0	22.8	6		0	0	0	25.1

Time in hour	July 29～30		August 9 ～10			August 30～31		
	Tetra-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.
		°C			°C			°C
7.00		**25.7**			**26.5**			**27.8**
7.00～ 7.30						6	3	27.5
8.00～ 8.30	3	25.8	0	14	25.7	29	29	27.5
9.00～ 9.30	22	25.9	3	839		118	629	
10.00～10.30	57		1	736	25.4	344	951	27.7
11.00～11.30	71	26.3	21	347		454	257	
12.00～12.30	169	26.8	296	28	26.0	332	64	28.2
13.00～13.30	231		418	11		168	28	
14.00～14.30	180	27.2	814	6	26.9	57	7	28.5
15.00～15.30	88		617	11		42	4	
16.00～16.30	32	26.9	350	3	27.4	7	5	28.2
17.00～17.30	9		28	3		7	5	
18.00～18.30	8	27.2	19	3	27.2	4	1	28.1
19.00～19.30	3		6	0		0	1	
20.00～20.30	8	27.2	13	3	26.4	0	0	27.5
21.00～21.30			4	3	26.5	1	4	27.5
22.00～22.30								
23.00～23.30								
0.00～ 0.30								
1.00～ 1.30								
2.00～ 2.30	M. 1.4					M. 0.4	M. 0.5	
3.00～ 3.30			M. 0.8	M. 0.9				
4.00～ 4.30								
5.00～ 5.30								26.4
6.00～ 6.30						2	2	26.4
7.00～ 7.30		25.8			25.7	0	0	26.3

September 15～16			September 18～19		September 22～23			September 28～29		
Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.	Tetra-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Wetcr temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.
		°C		°C			°C			°C
		27.0		**26.5**			**25.2**			**24.8**
			1	24.2	0	13	25.8	0	2	23.3
42	81	24.5	0		0	45		0	15	
96	183		2	22.8	0	25	22.3	0	55	23.2
61	60	24.2	0		2	24		0	40	
51	19		45	23.5	13	18	22.5	4	26	23.9
79	16	25.5	401		11	1		42	5	
13	5		641	23.8	27	0	23.0	24	3	25.0
6	9	26.0	320		59	2		32	1	
2	1		381	26.0	24	3	22.8	4	1	24.4
2	2	26.0	212		11	2		2	0	
2	0		11	25.4	5	1	23.4	0	2	23.8
1	1	26.7	1		4	1		0	1	
0	0		2	24.2	1	0	23.3			23.3
0	0	24.7	1		4	2				
0	2	24.3	5	23.4			22.4			
				23.4						
M. 0.1	M. 0.3		M. 0.7		M. 0.0	M. 0.0		M. 0.0	M. 0.2	
							17.3			19.7
				21.3	0	0	17.0	0	0	20.7
		22.7	0	21.7	0	0		0	1	

Time in hour	October 3～4			October 16～17			October 24～25		
	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.	Tetra-spores	Carpo-spores	Water temp.
			°C			°C			°C
7.00			**23.3**			**21.5**			**19.8**
7.00～ 7.30	0	0							
8.00～ 8.30	1	4	20.8	0	0	19.2	0	0	
9.00～ 9.30	0	29		0	0		0	0	
10.00～10.30	0	488	22.4	0	0	20.2	0	0	
11.00～11.30	3	33		0	3		0	1	19.3
12.00～12.30	116	17	22.7	0	33	20.4	0	3	
13.00～13.30	39	11		0	5		0	3	19.0
14.00～14.30	394	3	23.1	0	3	20.6	0	4	
15.00～15.30	256	6		0	1		0	1	19.2
16.00～16.30	224	2	24.2	9	1	21.7	0	1	
17.00～17.30	100	2		8	1		0	0	18.9
18.00～18.30	12	2	21.3	5	2	20.2	0	0	
19.00～19.30	5	0		4	0		3	0	19.5
20.00～20.30	2	0	20.5	0	0	18.7	2	1	
21.00～21.30			20.0	3	1		2	0	19.0
22.00～22.30						17.8	0	0	
23.00～23.30							2	0	18.5
0.00～ 0.30							0	0	
1.00～ 1.30							0	0	17.8
2.00～ 2.30	M. 1.0	M. 0.0					1	0	
3.00～ 3.30				M. 9.4	M. 0.0		1	0	
4.00～ 4.30							2	0	17.1
5.00～ 5.30							1	0	
6.00～ 6.30			16.5				1	0	16.5
7.00～ 7.30	1	0	16.8			15.6	1	0	

SUMMARY

Fundamental Studies on the Propagation of Gelidiaceous Algae with Special Reference to Shedding and Adhesion of the Spores, Germination, Growth and Vegetative Reproduction.

By

Minoru KATADA

Japanese isinglass (Agar-agar), one of the important products with a significant position in the international trading, is chiefly made from *Gelidium* (Japanese name "Tengusa") and other gelidiaceous sea-weeds. The practice of propagation of this algae, which has been made during the past half century in various parts of Japan, has been not always successfully made. Such uncertainties of this practice may be mainly attributed to the deficiency of the biological knowledge on the algae. Under such circumstances the author has carried out the biological studies on *Gelidium Amansii* and its allies since 1941, at Kominato, Chiba Prefecture and also at Yoshimi, Yamaguchi Prefecture in Japan.

Periodicity in the shedding of spores

As to the shedding of the spores of *Gelidium*, SUTO (1950a) found "Shedding occurs daily in the afternoon." However, the following results obtained in the present experiment on *G. Amansii* extended for several years differ from the results of SUTO in some points, i. e.

1) The shedding time of carpospores is always earlier than that of tetraspores (Figs. 2—4).

2) The shedding time of the spores, whether tetraspore or carpospore, was found not restricted to the afternoon of a given day, but varied depending on the temperature of the sea water where the plants grow (Figs. 2—6).

Influence of water temperature, light and desiccation upon the shedding of spores

SUTO stated, "Accumulating effect of light is supposed to induce shedding," and he added that the change of water-temperature did not give influence upon the shedding action. But the results of aforesaid experiment on the seasonal variation of shedding time (Fig. 5) suggests some relation between the shedding time and water temperature. Hereupon the auther made careful tests on the

illumination upon the shedding in *G. Amansii*. Further, he tried to induce the shedding by the desiccation with a view to obtain a great number of spores at his desired time. The author's tests showed as follows :

1) It was found that the higher the water temperature during the preceding nighttime the earlier the time of the shedding of the spores in the following day, if the temperature is kept below some 25°C, however, such a rule is not held if the temperature passes over this mark, it was believed (Figs. 7—13).

2) It appears that the shedding time in the lighted condition is not earlier than that in the dark. Therefore the belief of the previous worker on the accumlating effect of light is probably not recognizable (Fig. 14, Table 1).

3) The effect of desiccation in the shade seems not to induce shedding, but in case of tetraspore at least, the same effect is recognized to possibly extend the time of shedding as required within about half a day (Table 2, Fig. 15).

Adhesion of spores

On this theme SUTO (1950b) concluded, "Aplanospores (such as spores of the red algae and etc.) drift about with the flows of sea water", and "Fixing ability of spores is the strongest just after the shedding, is lost in a few hours. Spores fix themselves to substratum in 10—20 minutes". The present author, not well convinced by the statement presented by Dr. SUTO (*Ibid.*), carried out studies in which some experiments were practiced on such subjects as to the velocity of the falling of spores in water, the time needed for the adhesion as well as the influence of water-current upon the adhesion and the author arrived at :

1) Finding very slow sinking of the spores (Table 3) in the water, it is presumed the spores of *G. Amansii* dispersed drifting with the flows of sea water as noted by SUTO (*Ibid.*).

2) A majority of the spores immediately after shedding adhere themselves on the substratum within a few minutes (Figs. 16—18). This adhesive action gradually grows weaker, but it seems that a majority of spores keep their ability of adhesion and germination for 2 hours or more.

3) The spore tend to adhere more densely on the bottom referring to the current as well as its counter-currents than on the other parts of bottom (Figs. 20—25). Consequently the irregular surface of a substratum will lead favourable adhesion.

Germination

The works on the germination in Gelidiales have hitherto been reported on a limited number of species of *Gelidium* by KILLIAN (1914), ONO (1932), INOH (1941) and others. But unfortunatly, it seems that the past works are believed to be insufficient to entertain strict criticism. In the present study, the germination of

G. Amansii, *G. pacificum*, *G. japonicum*, *G. pusillum*, *G. divaricatum*, *Pterocladia tenuis* and *Acanthopeltis japonica* were investigated in detail by laboratory culture. As the results of these experiments, it was ascertained that the germination of Gelidial type is characterized as follows (Plate I—V) :

1) The spore pushes out a germ tube, and the latter grows to an initial cell of a germling.

2) The initial cell is divided into a small fusiform cell and another large boat-shaped cell after first segmentation.

3) A primary rhizoid sprouts from the young sporeling on the latter's extremity.

4) An apical cell which appears opposite the rhizoid is formed at a cellular cluster which has developed from the small fusiform cell.

5) A sporeling never unite with others.

Influence of temperature and specific gravity of water upon the germination

On the influence of environmental factors upon the germination in Gelidiaceae no notable work has been published except the study of KINOSHITA, HIRANO and TAKAHASHI (1635, '36) and KINOSHITA (1949) on the optimum temperature for the germination in *G. subfastigiatum*. In present experiment, the germination of *G. Amansii* was studied by laboratory culture under the waters with varied temperatures and specific gravities. The results obtained are as follows :

1) The optimum temperature for the germination of carpospores as well as tetraspores is about 24—26°C. Below this range of the temperature the sporelings develop slowly, but are healthy in general, while above 28°C the sporelings are apt to die shortly.

2) The growth of the sporelings are observed in the sea water with specific gravity as high as 1.035, but below 1.010 the sporelings are unhealthy in general. The lethal specific gravity for the sporelings seems to drop with the growth of the sporelings. And then the length and the number of the rhizoids is remarkably affected by specific gravity of the water (Fig. 26, 27. Table 4).

Growth

On the postembryonic stage of *G. Amansii*, the report of TAKAMATSU (1944) was in striking contrast to the supposition of ONO (1927, '32) which had been generally accepted for a long time. Thereupon the present author pursued a study of the growth of the sporelings in *Pterocladia tenuis* as well as *G. Amansii* by the cultures under natural conditions and in laboratory. In addition to the above, the growing season of *G. Amansii* and the factors believed to kill the young plants were investigated. The results obtained are as follows :

1) As a rule sporelings grow vertically, and then the secondary shoots sprout from the basal part of the primary frond in *G. Amansii* and *P. tenuis* (Fig. 28, 31).

2) In *G. Amansii*, almost all secondary shoots grow erect and a few of them grow up to the main branches in one case, and in another case lateral buds sprout horizontally and grow into the creeping stolons producing new upright buds and rhizoids. Sooner or later some upright buds grow up to the main branches (Figs. 28—29).

3) In *P. tenuis* secondary shoots never grow erect. They develop into the creeping stolons producing new upright buds same as in the latter case found in *G. Amansii* (Fig. 31).

4) The young plants grow very slowly at the beginning, from summer to winter, and then begin to grow rapidly in early spring (Table 5).

It is observed that the young plants are damaged frequently by the covering of sand or mud, the feeding by phytophagous Gastropoda and the covering of small algae of other species (Fig. 33, Table 6).

Vegetative reproduction

The vegetative reproductions in gelidiaceous algae are made not only by the creeping stolons as generally known, but also by the branch in some conditions. While studying the polarity of the segments of branch in *G. Amansii*, the present author accidentaly found a latter phenomenon. Therefore the further studies were carried out on *G. Amansii* and other species in the Genus. The methods and results are outlined as follows :

1) The fronds of *G. Amansii* were kept in contact, by means of strow ropes, with the surface of concrete blocks which were placed in the bottom of the sea (Fig. 34). Then these fronds stood not only the wrong end up on the substratum by new rhizoids grown at the tips of branches, but also regenerated a number of new individuals (Figs. 35—38, Plate VI, VII). However in natural condition, it may follow that such reproductions as mentioned above are peculiar found in case of the fronds which were separated from substratum by raging waves, man's gatherings and other conditional factors.

2) In *Gelidium* sp. a similar phenomenon was observed on the plants growing on the rocks which were heaved up from the water about 10 m deep at Nobeoka, Miyazaki Prefecture (Fig. 39).

But such vegetative reproduction in this species may be slightly different from the aforesaid reproduction in *G. Amansii*. The former is recoginized as an unconditional case in accessary reproduction, and the latter seems to be considered as a accidental numerical increase of individuals.

Contribution to the propagation

It is certain that the results obtained by the studies are not only desiring future researches, but also are serviceable for the practical works in the propagation for gelidiaceous algae, namely, seeding, transplanting, management, protection and the surveys accompanied.

PLATE I

Plate I

Germination of the tetraspore of *Gelidium Amansii* LAMOUROUX —(1).

a. Adhered spore.

$b_{1\text{-}8}$. Pushing out a germ tube.

$c_{1\text{-}2}$. Formation of an initial cell of germling.

$d_{1\text{-}8}$. First segmentation of the initial cell.

d'. Abnormal first segmentation.

$e_{1\text{-}8}$, f. Advanced segmentation and the development of a primary rhizoid

f', f''. Examples of abnormal sporeling.

$g_{1\text{-}2}$. Sporelings from 3 day culture.

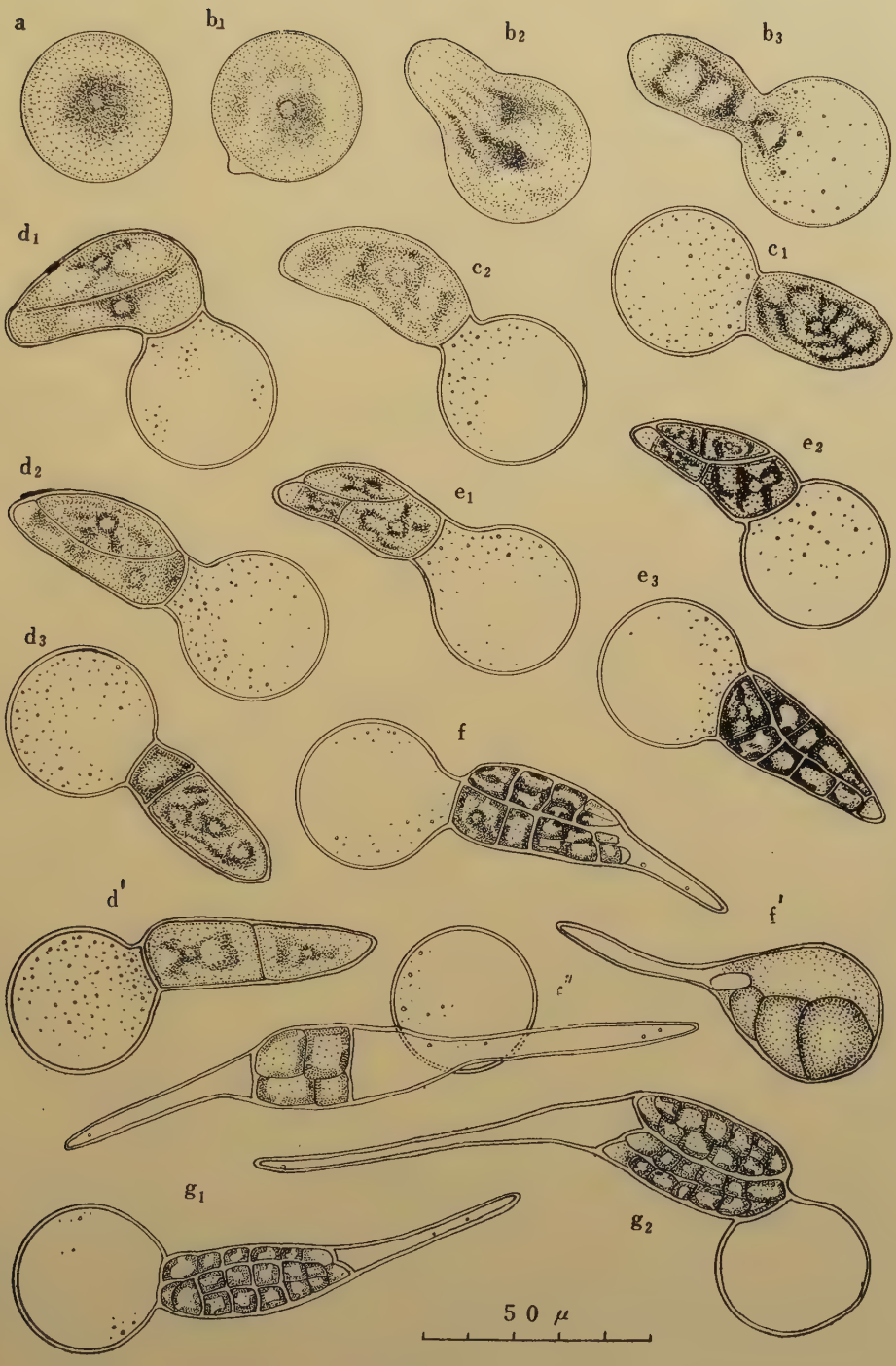

a
b1
b2
b3
d1
c2
c1
d2
e1
e2
e3
d3
f
d'
f'
g1
g2
50 μ

PLATE II

Plate II

Germination of the tetraspore of *Gelidium Amansii* LAMOURAOUX —(2).

h. Appearance of apical cell, from 4 day culture.

i. Sporeling from 6 day culture.

j. Sporeling from 8 day culture.

k, k'. Sporelings from 10 day culture.

Germination of the tetraspore of *Gelidium japonicum* (HARVEY) OKAMURA.

1. Adhered spore.

2, 3. Pushing out a germ tube.

4. Formation of initial cell of germling.

5. First segmentation of the initial cell.

6. Advanced segmentation and the development of a primary rhizoid.

7. Appearance of apical cell, from 3 day culture.

8. Sporeling from 5 day culture.

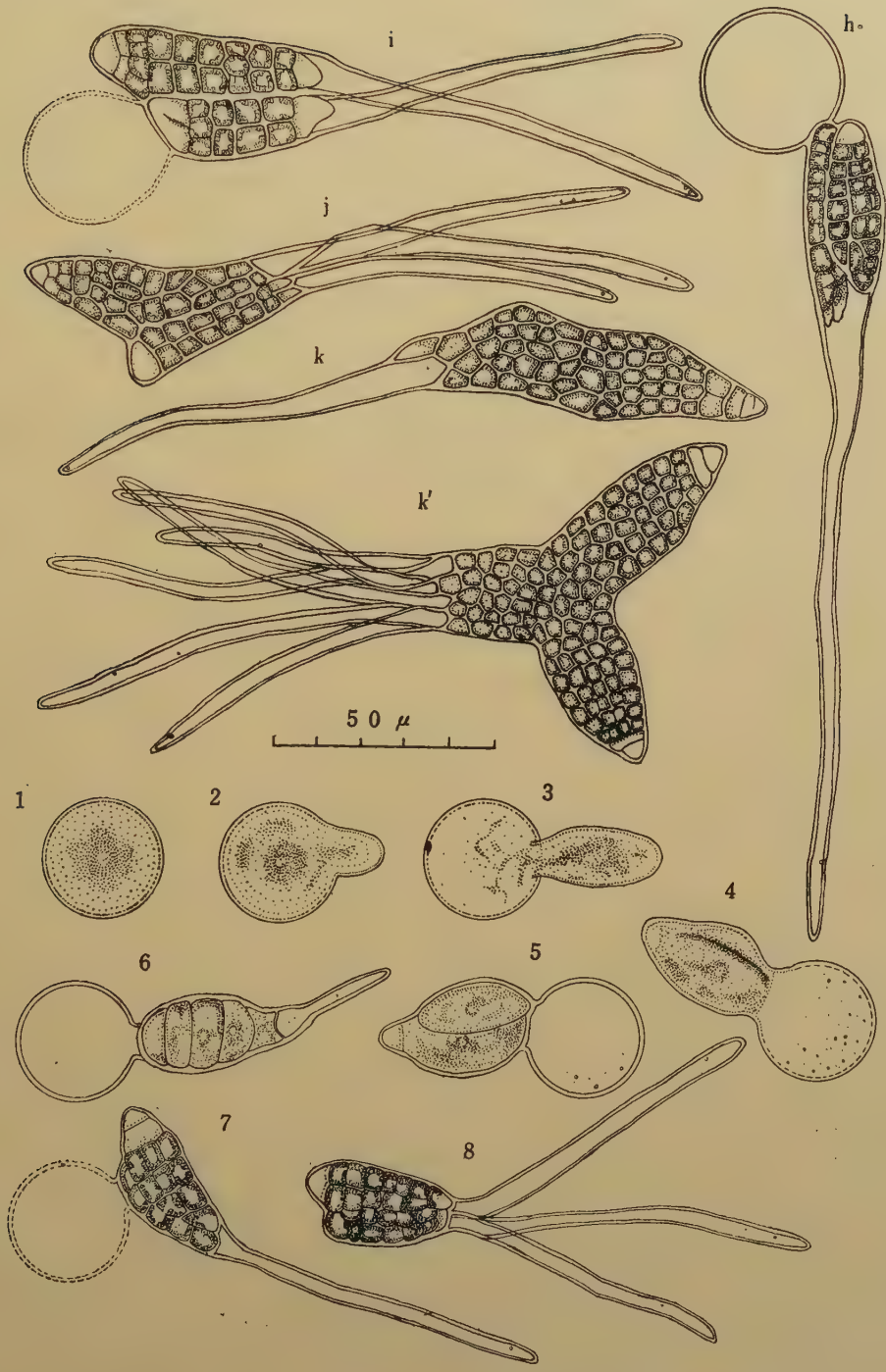

i
h.
j
k
k'
50 μ
1
2
3
4
5
6
7
8

PLATE III

Plate III

Germination of the tetraspore of *Gelidium pusillum* (STACKHOUSE) LE JOLIS.

a. Adhered spore.

b, c. Pushing out a germ tube.

d. Formation of an initial cell of germling.

e. First segmentation of the initial cell.

f, g. Advanced segmentation and the development of a primary rhizoid.

h. Appearance of apical cell, from 4 day culture.

Germination of the tetraspore of *Gelidium divaricatum* MARTENS.

1. Adhered spore.

2. Pushing out a germ tube.

3. Formation of an initial cell of germling.

4. First segmentation of the initial cell.

5, 6. Advanced segmentation and the development of a primary rhizoid.

7. Sporeling from 5 day culture.

8. Sporeling from 13 day culture.

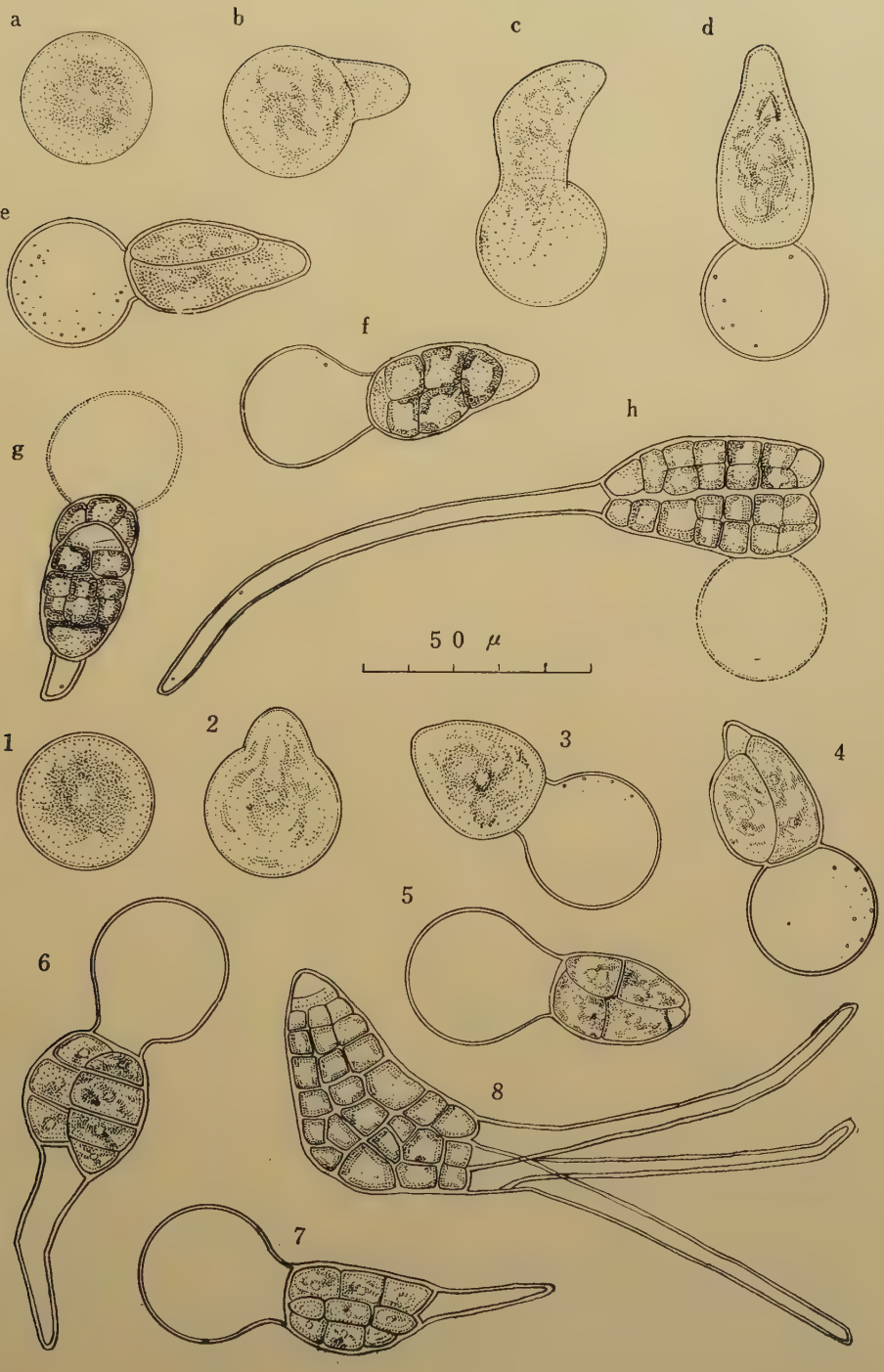

a
b
c
d
e
f
g
h
50 μ
1
2
3
4
5
6
7
8

PLATE IV

Plate IV

Germination of the carpospore of *Pterocladia tenuis* OKAMURA.

a. Adhered spore.

b. Spore immediately before pushing out a germ tube.

c1-3. Pushing out a germ tube.

d. Formation of an initial cell of germling.

e1-2. First segmentation of the initial cell.

f, g1-2. Advanced segmentation.

h. Development of a primary rhizoid.

i. Sporeling from 10 day culture.

j. Appearance of apical cell, from 16 day culture.

k. Sporeling from 40 day culture.

l. Sporeling from 60 day culture.

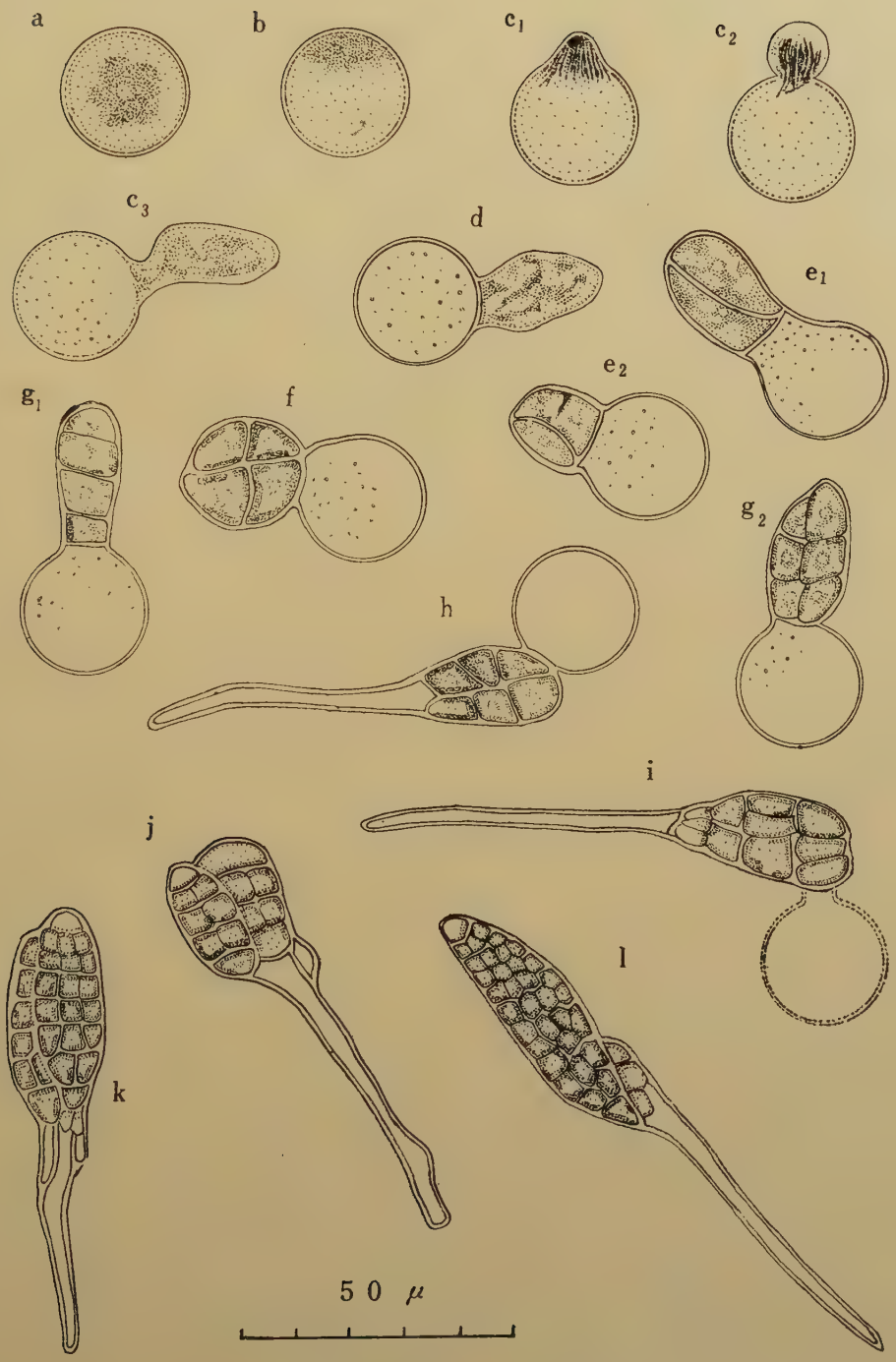

a
b
c1
c2
c3
d
e1
e2
f
g1
g2
h
i
j
k
l
50 μ

PLATE V

Plate V

Germination of the tetraspore of *Acanthopeltis japonica* OKAMURA.

a. Adhered spore.

b_{1-2}. Pushing out a germ tube.

c. Formation of an initial cell of germling.

d_{1-2}. First segmentation of the initial cell.

e, f_{1-2}. Advanced segmentation and the development of a primary rhizoid.

g. Appearance of apical cell, from 3 day culture.

g'. An example of abnormal sporeling.

h. Sporeling from 5 day culture.

i. Sporeling from 20 day culture.

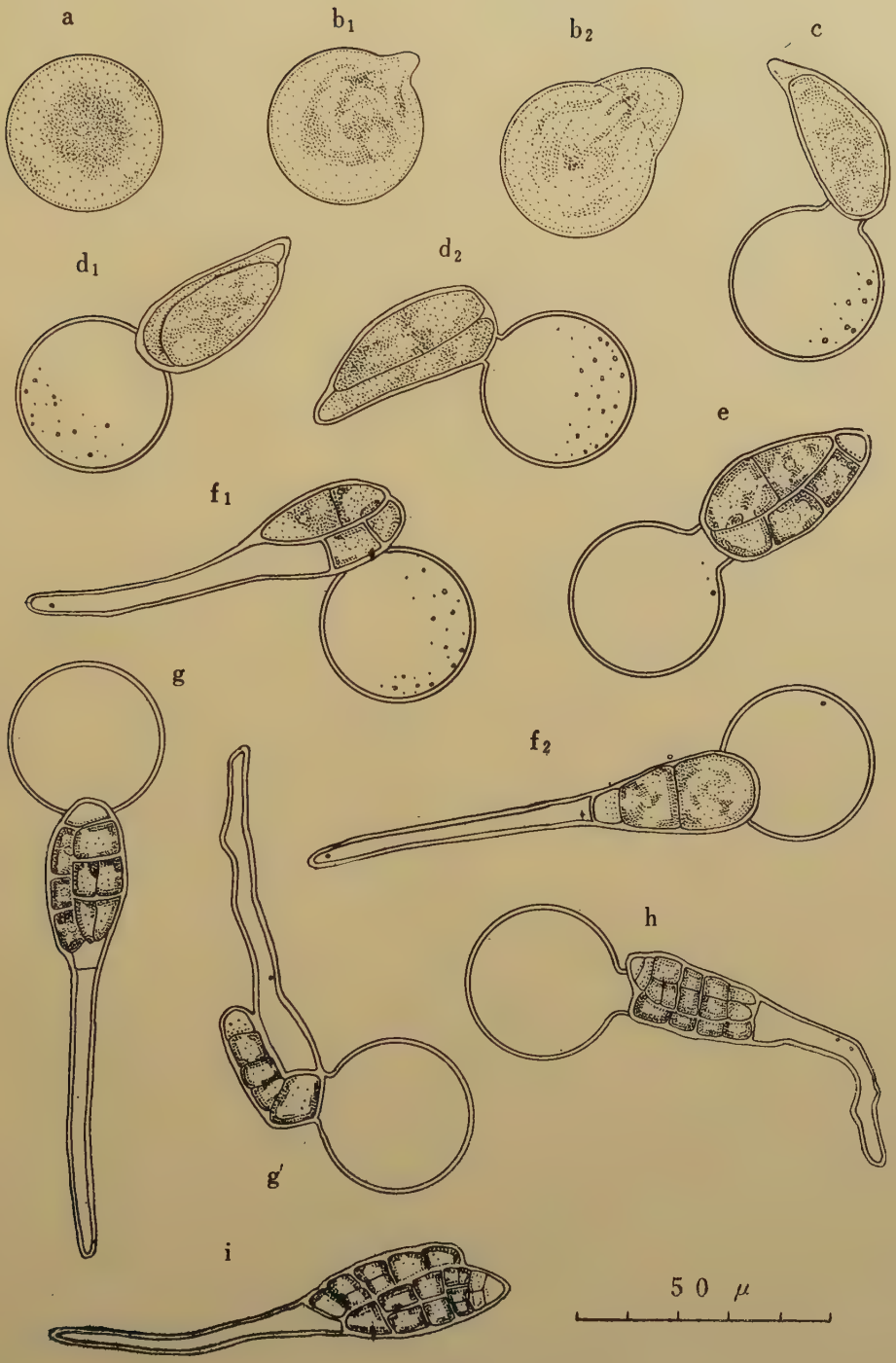

a
b1
b2
c
d1
d2
e
f1
g
f2
h
g'
i
50 μ

PLATE VI

Plate VI

Examples of vegetative reproduction on *G. Amansii*, found on the concrete block about 4 months after the mother plants set on. Reference to the explanations of Figs. 34—37.

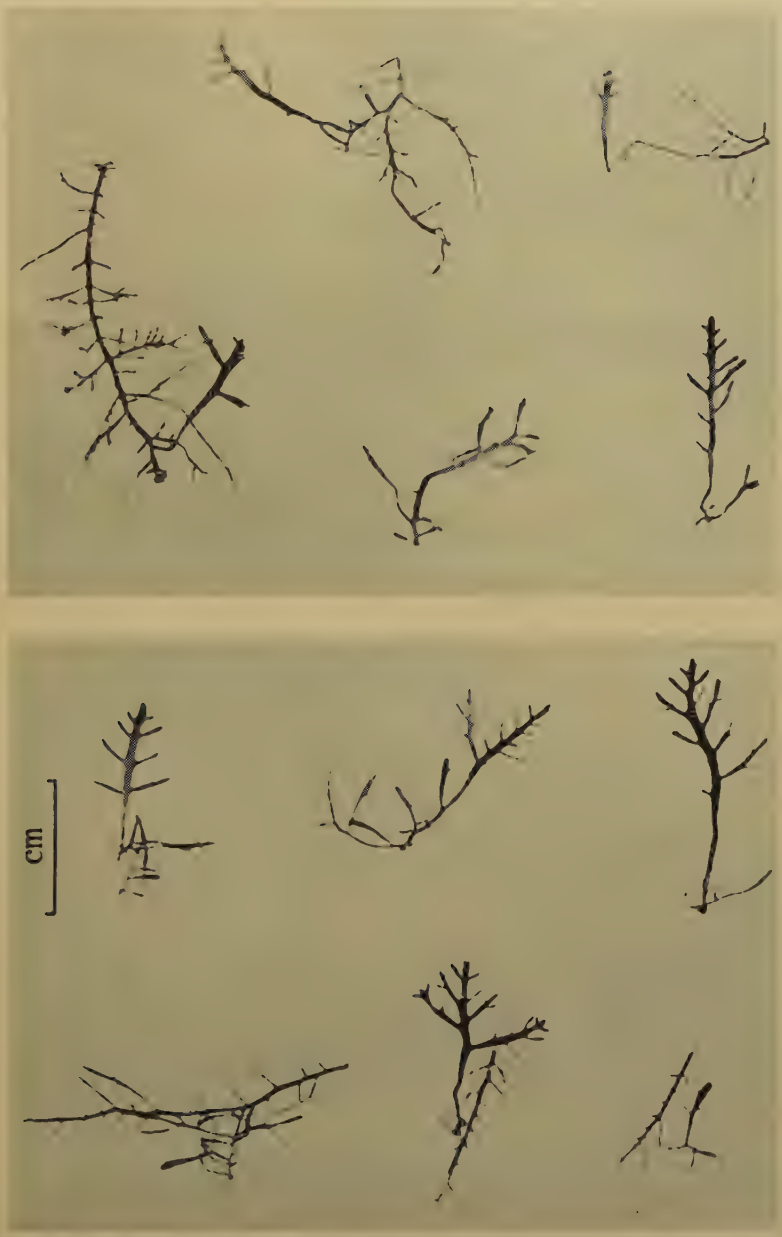
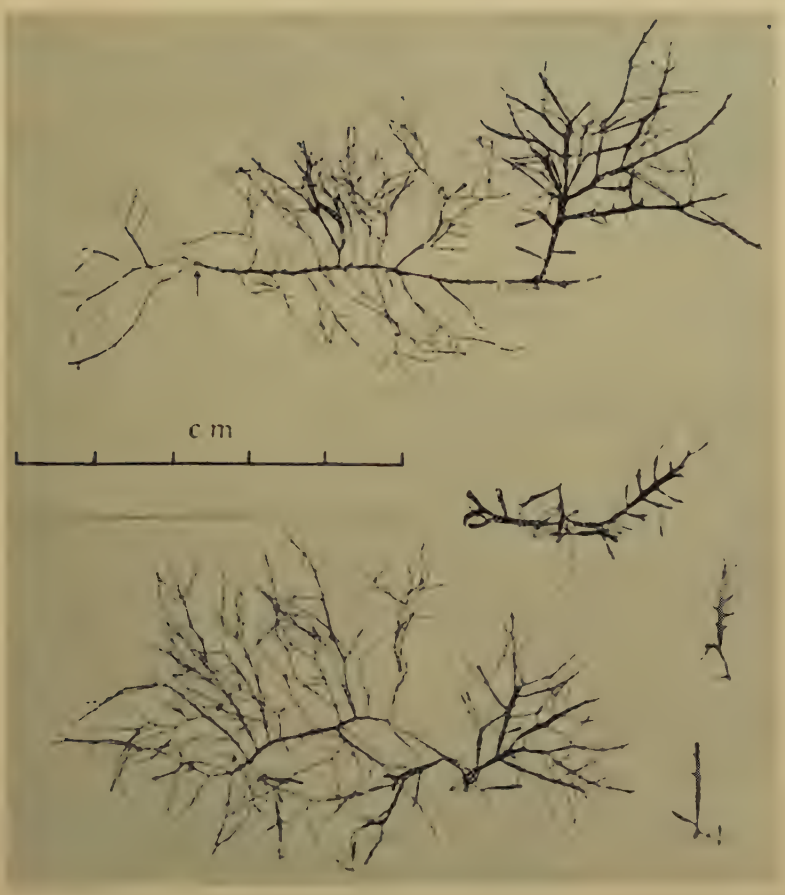

cm

PLATE VII

Plate VII

Examples of vegetive reproduction on *G. Amansii*, found on the concrete block about 7 months after the mother plants set on. Reference to the explanations of Figs. 34—37 for the newly grown plants.


c m

昭和30年9月8日 印刷　下関市吉見永田本町1944番地
昭和30年9月10日 発行　農林省水産講習所
（非売品）
下関市長崎町2281番地
印刷所　瞬報社写真印刷株式会社
印刷者　藤田永之進